

Sensibilidade visual ao contraste

A sensibilidade ao contraste fornece a informação extra que ajuda nas decisões difíceis. Artigo da autoria do Dr. António Filipe Macedo, docente da licenciatura em Optometria e Ciências da Visão na Universidade do Minho.



António Filipe Macedo, actualmente a fazer doutoramento na University College London, Institute of Ophthalmology, em Londres. É docente da licenciatura em Optometria e Ciências da Visão na Universidade do Minho. Licenciou-se em Física Aplicada – Optometria e Optotecnia (1999) na Universidade da Beira Interior, dedicou-se em exclusivo ao exercício da Optometria até 2003, e a partir dessa data passou a dedicar-se à docência e investigação na Universidade do Minho, restringindo a sua actividade clínica à reabilitação visual. Contacto: filipe3305@gmail.com

Resumo

O potencial que a medição da sensibilidade ao contraste representa como indicador de alterações do sistema visual não deve ser esquecido. Neste artigo é feita uma abordagem dos seus princípios e aplicações. Pretende-se assim despertar a atenção para as vantagens do uso da sensibilidade ao contraste como complemento a outros testes, nomeadamente, a acuidade visual de Snellen.

Este artigo está dividido em três partes: primeira parte - revisão dos fundamentos da técnica; segunda parte - potenciais aplicações; terceira - aspectos a ter em conta na interpretação dos resultados

A

sensibilidade ao contraste mede-se através de estímulos visuais onde varia a luminância e a frequência espacial. A luminância é uma grandeza fotométrica que representa o fluxo luminoso por unidade de ângulo sólido e por unidade de área emitido por uma fonte. Desta forma uma superfície preta terá luminância ‘zero’ e uma superfície branca terá luminância ‘um’.

Os estímulos utilizados na medição da sensibilidade ao contraste consistem em grelhas, cuja distribuição de luminância se pode representar pela função sinusoidal da figura 1. Numa grelha, a distância entre dois picos de luminância máxima ou dois picos de luminância mínima, corresponderá a um ciclo. A frequência espacial corresponde ao número de ciclos que integra cada grau de ângulo visual subtense, exprimindo-se em ciclos por grau (ciclos/grau).

Grelhas com muitos ciclos correspondem a frequências espaciais altas, enquanto grelhas com poucos ciclos correspondem a frequências espaciais baixas. Existe uma correspondência entre a frequência espacial das grelhas de medição da sensibilidade ao contraste e a frequência espacial das letras para medição da acuidade visual de Snellen. Considere-se um E construído para medir acuidade visual 1.0, cada barra da letra subtende 1 minuto de arco, o que corresponde a cerca de 30 barras negras, estando cada barra intercalada por

um espaço em branco (1 grau corresponde a 60 minutos de arco). Logo, um optotipo assim construído corresponde a uma frequência espacial de 30 ciclos/grau.

Voltando ao contraste, o contraste (C) de cada grelha é calculado pela diferença entre a luminância máxima (Lmax) e luminância mínima (Lmin), dividida pela soma das duas. Matematicamente, isto traduz-se na seguinte expressão:

$$C = (L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min}).$$

O contraste assim determinado é denominado contraste de Michelson. As variáveis da expressão acima estão representadas na figura 1.¹

Como medir a sensibilidade ao contraste

A sensibilidade ao contraste (SC) obtém-se pelo inverso do contraste: $SC = 1/C$. Quando esta medida é obtida para diferentes frequências espaciais, obtém-se um conjunto de pontos que formam a curva da função de sensibilidade ao contraste (FSC). Na figura 2 está representada a curva da FSC característica do sistema visual humano.² O nosso sistema visual é caracterizado por múltiplos canais neuronais, em que cada canal é activado sempre que a frequência espacial está dentro da banda de frequências que este detecta.⁴ Na figura 2 pode ver-se que a máxima sensibilidade ao contraste se obtém para uma frequência espacial na vizinhança de 4 ciclos/grau. A medição da sensibilidade ao contraste difere significativamente da medição da acuidade visual de Snellen. Na acuidade visual de Snellen mede-se a capacidade do sistema visual para resolver determinadas frequências espaciais ou espaçamentos entre detalhes dos caracteres, cujo contraste é fixo (85% ou mais). Por outro lado, a sensibilidade ao contraste mede para cada frequência espacial fixa o limiar de contraste a partir do qual é possível detectar os espaçamentos.

Considere-se a figura 3, onde todas as

linhas têm a mesma frequência espacial. Devido à diminuição do contraste, a dificuldade de leitura aumenta da primeira para a quarta linha.

Determinadas patologias oculares diminuem significativamente a capacidade de ver as letras da última linha, mas não as da primeira.

Um quadro típico para medição da sensibilidade ao contraste em ambiente clínico consiste num conjunto de grelhas dispostas ao longo de várias linhas e colunas. Ao longo das linhas as grelhas variam em contraste; ao longo das colunas variam em frequência espacial, tal como se ilustra na figura 4.

Aplicações práticas

A sensibilidade ao contraste fornece informação sobre a integridade das estruturas através das quais a informação visual viaja desde a córnea até ao córtex. Dividindo este trajecto em três segmentos ter-se-á:

- (i) segmento anterior;
- (ii) retina;
- (iii) nervo óptico e áreas visuais superiores.

As alterações das estruturas do segmento anterior provocam, numa boa parte dos casos, uma diminuição da sensibilidade ao contraste em todas as frequências, tal como ilustra a Figura 5.^{3,5}

Em cirurgias refractivas ou extracções de catarata é comum medir-se a sensibilidade ao contraste antes e depois da cirurgia⁶⁻⁸ para avaliar o nível de sucesso da intervenção.⁹ A sensibilidade ao contraste pode também ajudar no processo de decisão sobre a prescrição de nova graduação nos casos de catarata, ou quando a melhoria da acuidade visual de Snellen não é evidente.¹⁰

No caso de patologias retinianas, a sensibilidade ao contraste pode ser usada para a detecção de alterações fisiológicas que ainda não se reflectem numa diminuição da acuidade visual de Snellen ou quan-

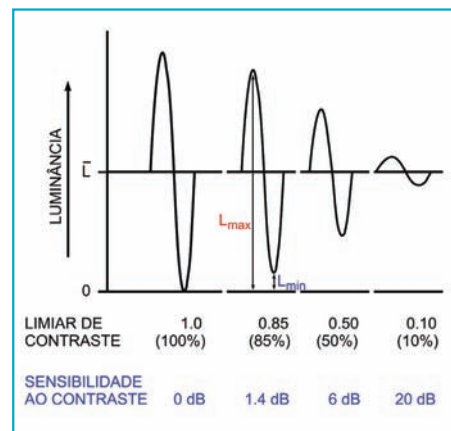


Figura 1: Na figura estão representadas ondas sinusoidais. A amplitude representa a luminância (L). Da esquerda para a direita, as curvas representam a variação de luminância em grelhas com a mesma frequência espacial, mas onde o contraste vai diminuindo. Adaptado de²

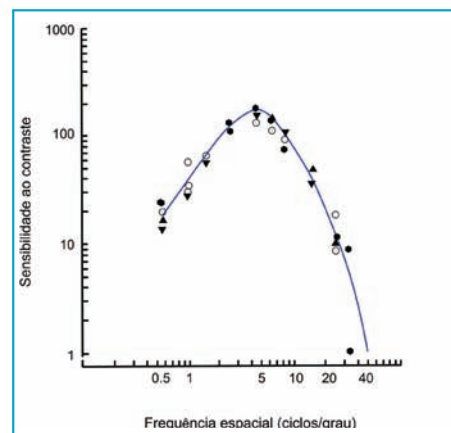


Figura 2: Curva da função de sensibilidade ao contraste (FSC). A sensibilidade ao contraste para cada uma das frequências espaciais estudadas está representada no eixo vertical. Em ambos os eixos são utilizadas escalas logarítmicas devido ao grande espectro de valores que se pretende representar. Adaptado de²

do ainda não são visíveis ao oftalmoscópio.¹¹⁻¹⁴ Um exemplo é a retinopatia diabética de background, onde a sensibilidade ao contraste se altera antes da diminuição da acuidade visual de Snellen.¹⁵ Outro caso é o da degeneração macular associada à idade: aqui há acumulação de drusas no epitélio pigmentar da retina que são visíveis ao oftalmoscópio. A acumulação de drusas não implica a existência de doença, no entanto, é considerado um dos principais factores de risco para o seu desenvolvimento.^{16,17} Nestes casos, ao contrário da acuidade visual de Snellen, a sensibilidade ao contraste altera-se em estágios precoces do desenvolvimento da doença.^{18,19}

A sensibilidade ao contraste pode ainda ser usada como auxiliar no diagnóstico e seguimento de doenças neuro-oftalmológicas.²⁰⁻²² Tem sido usada no diagnóstico e seguimento do glaucoma²³⁻²⁴ e em doenças sistémicas com efeitos no sistema visual, como é o caso da esclerose múltipla.²⁵

Outras aplicações da sensibilidade ao contraste incluem a ambliopia e a baixa visão. Na ambliopia, contrariamente ao que acontece noutras condições em que há diminuição marcada da acuidade visual, a redução na sensibilidade ao contraste não está correlacionada com a perda na Acuidade Visual de Snellen.²⁶⁻²⁸ Na ambliopia estrábica e em casos de ambliopia devido a uma anisometropia, a sensibilidade ao contraste medida com grelhas sinusoidais pode estar normal apesar da acuidade visual ser baixa.^{26,29}

O que dizem os resultados e suas limitações

Assim sendo, os resultados desta medição podem servir para distinguir entre diferentes etiologias para a ambliopia ou para diferenciar ambliopia de outra causa para a redução da acuidade visual. Alguns estudos mostraram ainda que a sensibilidade



Figura 3: Exemplo de uma tarefa em que a dificuldade de leitura aumenta não por se alterar a frequência espacial das letras mas porque se diminuiu o contraste entre as letras e o fundo

ao contraste é um método mais eficaz do que a acuidade visual para aferir os efeitos da terapia de oclusão.²⁹ Na baixa visão, os resultados obtidos são úteis para fazer o acompanhamento da progressão da patologia e do impacto de um eventual tratamento.^{7,30} Ainda na baixa visão, a sensibilidade ao contraste serve para prever as dificuldades que o paciente tem com a compensação óptica actual ou que terá com a nova prescrição.¹⁰ Nomeadamente, é possível prever as dificuldades que surgirão na detecção de obstáculos,³¹ nas tarefas da vida diária³² e na leitura.^{33,34} Há contudo algumas limitações que devem ser consideradas na interpretação dos resultados. Um aspecto importante a ter em conta é que a sensibilidade ao contraste se altera com a idade.³⁵ Outro aspecto, é que diferentes testes produ-

zem diferentes resultados e que num determinado teste o mesmo observador pode apresentar algumas variações nos limiares após medições repetidas.^{36,37} A última importante limitação na leitura dos resultados será a dificuldade em associar as alterações a uma estrutura específica. Isto acontece porque a sensibilidade ao contraste se altera de forma muito similar, seja devido a um erro refractivo não corrigido³⁸ ou devido a uma anomalia no trajecto da informação visual.^{39,40}

Em resumo, as potenciais aplicações clínicas da medição da sensibilidade ao contraste aqui referidas podem ser divididas nas seguintes categorias:

- 1) aferição do grau de sucesso de cirurgias, da prescrição de novas lentes ou da eficácia de tratamentos;
- 2) detecção precoce de anomalias da

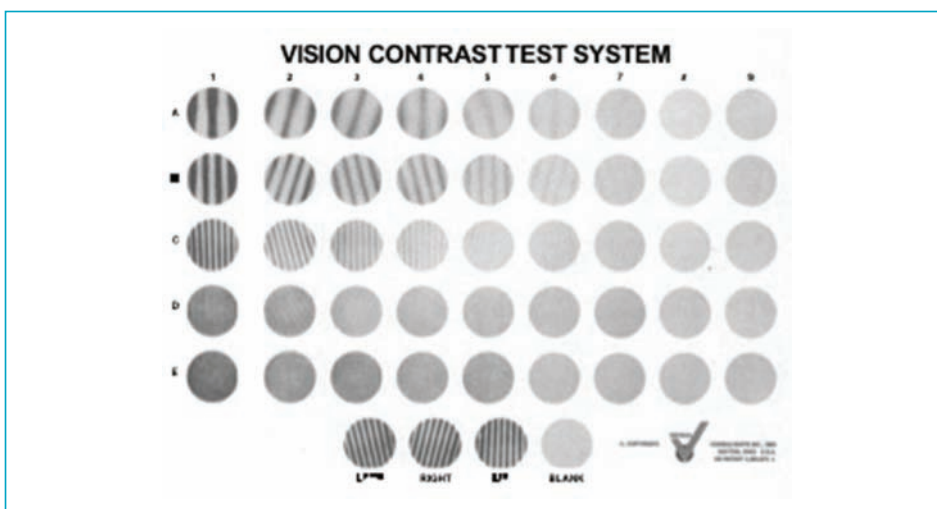


Figura 4: Quadro para medição da sensibilidade ao contraste. Neste caso, é o quadro da Vistech CS system - VCTS 6000. Para permitir medições frequentes sem memorização dos alinhamentos, este quadro está disponível em três versões. Retirado de <http://www.agingeye.net/cataract/Vistech2.pdf>

função visual devido ao desenvolvimento de patologias oculares;

3) previsão das dificuldades que indivíduos com baixa visão terão na sua vida cotidiana.

As potencialidades e limitações da técnica têm sido motivo de revisões frequentes na literatura especializada.^{38,39,41-43} Apesar de haver alguma discrepância quanto à importância que deve ser atribuída à sensibilidade ao contraste é unânime que esta fornece informação essencial sobre a integridade do sistema visual. Esta informação deve ser usada como complemento à informação obtida por outros métodos e não de uma forma isolada.

Agradecimentos

O autor agradece ao Dr. Antônio Baptista, docente da licenciatura em Optometria e Ciências da Visão na Universidade do Minho, pelo seu contributo na revisão deste artigo. Agradece também ao Dr. Michael Crossland e ao Professor Gary Rubin da University College London, Institute of Ophthalmology, pela discussão de alguns dos assuntos abordados. ■

Nota: O autor não tem nenhum interesse comercial em qualquer produto que tenha sido referido.

Referências

1. M. Wolkstein et al., (1980). *Ophthalmology*. 87, 1140
2. R. L. De Valois et al., (1974). *Vision Res.* 14, 75
3. R. Hess, G. Woo, (1978). *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 17, 428
4. J. T. McIlwain. Cambridge University Press, Cambridge, 1996.
5. Anon, (1990). *Ophthalmology*. 97, 1233
6. J. W. W. Chan et al., (2002). *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 28, 1774
7. G. S. Rubin et al., (2002). *Retina*. 22, 536
8. A. M. Armbrecht et al., (2000). *BJO*. 84, 1343
9. C.-Y. Cheng et al., (2001). *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 27, 1055
10. D. D. Michaels, (1981). *Survey Ophthalmol.* 26, 55
11. A. A. Dosso et al., (1998). *Arch. Ophthalmol.* 116, 1316
12. F. M. E. Ewing et al., (1998). *Endocrine Reviews*. 19, 462
13. S. Mitra, (1985). *Documenta Ophthalmologica*. 59, 247
14. M. F. Marmor, (1986). *BJO*. 70, 553
15. S. Sokol et al., (1985). *Arch. Ophthalmol.* 103, 51
16. D. H. Anderson et al., (2002). *Am. J. Ophthalmology*. 134, 411
17. J. Goldberg et al., (1988). *Am. J. Epidemiology*. 128, 700

18. N. Stangos et al., (1995). *Ophthalmologica*. 209, 194
19. R. C. Kleiner et al., (1988). *Arch. Ophthalmol.* 106, 55
20. M. Grochowicki et al., (1990). *BJO*. 74, 358
21. M. J. Kupersmith et al., (1982). *Ophthalmology*. 89, 68
22. M. S. Suttorp-Schulten et al., (1993). *BJO*. 77, 709
23. A. S. Hawkins et al., (2003). *Journal of Glaucoma*. 12, 134
24. P. A. Sample et al., (1991). *Am. J. Ophthalmology*. 112, 308
25. T. L. Jackson et al., (2004). *Am. J. Ophthalmology*. 137, 283
26. E. R. Howell et al., (1983). *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 24, 782
27. R. F. Hess, A. Bradley, (1980). *Nature*. 287, 463
28. K. Simons, (2005). *Survey Ophthalmol.* 50, 123
29. J. Sjostrand, (1981). *Acta Ophthalmologica*. 59, 25
30. J. Mones, G. S. Rubin, (2005). *Eye*. 19, 1142
31. K. A. Turano et al., (1999). *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 40, 2803
32. C. Owsley et al., (2001). *Optom. Vis. Sci.* 78, 350
33. G. S. Rubin, G. E. Legge, (1989). *Vision Res.* 29, 79
34. S. K. West et al., (2002). *Arch. Ophthalmol.* 120, 774
35. M. M. Del Viva, R. Agostini, (2007). *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 48, 2940
36. D. B. Elliott, D. Whitaker, (1992). *Ophthalm. Physio. Optics*. 12, 275
37. K. Thayaparan et al., (2007). *BJO*. 91, 749
38. R. L. Woods et al., (2000). *Ophthalm. Physio. Optics*. 20, 442
39. L. Hyvarinen, (1995). *BJO*. 79, 867
40. F. W. Campbell, D. G. Green, (1965). *Journal of Physiology-London*. 181, 576
41. G. B. Arden, (1978). *BJO*. 62, 198
42. G. B. Arden, (1988). *Clinical Vision Sciences*. 2, 213
43. M. J. Moseley, A. R. Hill, (1994). *BJO*. 78, 795

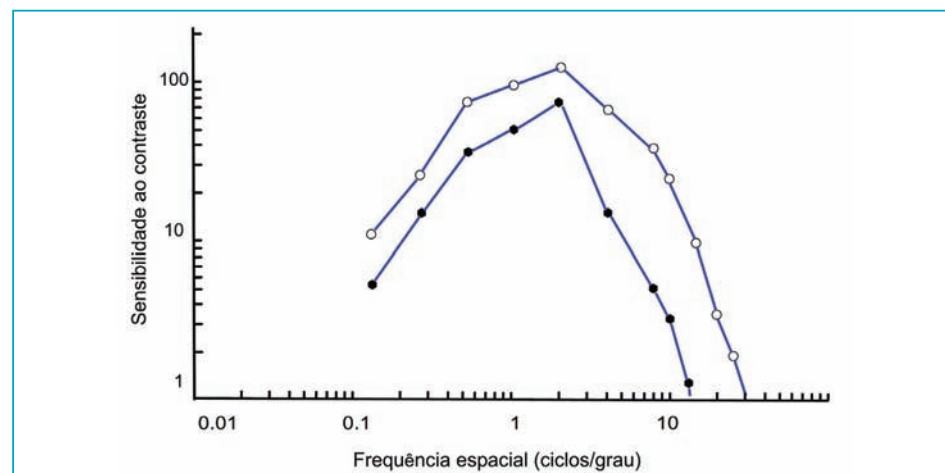


Figura 5: FSC para um paciente com catarata nuclear senil apenas num dos olhos. O olho sem catarata produziu a curva superior (o). O olho com catarata produziu a curva inferior (*). A curva correspondente ao olho com catarata sofreu um deslocamento vertical em todas as frequências espaciais. Adaptado de 3