

Medida da resolução visual com tabelas logarítmicas de baixo contraste em diabéticos com acuidade visual igual a 1

Assessment of visual resolution of diabetic patients with 20/20 of visual acuity with low contrast log MAR charts

Clinton Schelb⁽¹⁾

Antônio Augusto Velasco e Cruz⁽²⁾

RESUMO

A sensibilidade ao contraste de 20 pacientes diabéticos com acuidade igual a 1 e 45 controles foi medida com optotipos (tabelas logarítmicas). Quatro níveis de contraste (91, 55, 29, e 5 %) foram utilizados. Análise de variância multifatorial (contraste versus categoria clínica) revelou que o efeito do contraste sobre a acuidade visual foi mais acentuado nos pacientes diabéticos. Embora já em alto contraste os diabéticos tenham diferido dos controles, essa diferença foi amplificada no menor contraste estudado. Os resultados indicam que optotipos de baixo contraste podem ser úteis para a caracterização de canais de baixa frequência espacial.

Palavras-chave – contraste, optotipos, acuidade visual, análise de Fourier.

INTRODUÇÃO

O termo contraste diz respeito à diferença de luminâncias entre duas superfícies ou objetos adjacentes. Matematicamente, contraste pode ser definido de duas maneiras. A mais utilizada na literatura é a fração de Rayleigh ou Michelson, segundo a qual, se L_{max} = luminância máxima e L_{min} = luminância mínima, contraste (C) é $C_{\%} = \{(L_{max} - L_{min}) / (L_{max} + L_{min})\} \times 100$. A outra fórmula de definição é a fração de Weber onde, se L_o = luminância do objeto e L_f = luminância do fundo, $C_{\%} = \{(L_o - L_f) / L_f\} \times 100$ ou, se $L_o - L_f = \Delta L$, $C_{\%} = (\Delta L / L_f) \times 100$. A fração de Weber só é usada quando o objeto é formado pela combinação de um padrão de luminância invariante (disco, barra ou retângulo) e um fundo ou *background*¹⁵.

Medir o poder resolutivo ocular com optotipos de baixo contraste não é um idéia nova. Já em 1889, Berry, um oftalmologista sueco, usou tabelas com baixo contraste para medir a acuidade visual e, em 1918, um teste de baixo contraste era comercializado em Londres¹². Entretanto, foi só a partir dos trabalhos de Campbell & Robson⁵ e Bodis-Wollner², que a relação entre resolução visual e contraste passou a ser sistematicamente investigada. Por razões que serão discutidas posteriormente, o exame dessa relação é sempre feito utilizando-se testes cuja variação da luminância segue a função senóide (curva de sensibilidade ao contraste).

Em 1983 e 1984 Reagan e Neima, voltaram a propor que ao invés do uso de redes senoidais, a medida da sensibilidade ao contraste fosse feita

(1) Doutor em Oftalmologia, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP.

(2) Professor Doutor do Departamento de Oftalmologia e Otorrinolaringologia da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto - USP.

Este trabalho é o resumo da tese de doutoramento de Clinton Schelb.

Endereço para correspondência:

Antônio Augusto Velasco e Cruz.

Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, Departamento de Oftalmologia e Otorrinolaringologia, CEP 14049 - Ribeirão Preto - SP

por meio de tabelas de baixo contraste^{10,11}. Ou seja, ao invés de se quantificar a acuidade visual apenas com uma tabela de optotipos negros sobre fundo branco, a resolução visual seria também medida com uma ou duas tabelas adicionais, de letras cinzas sobre fundo branco.

As tabelas confeccionadas originalmente por REGAN & NEIMA eram cópias de tabelas comerciais e continham todos os conhecidos defeitos, apontados nas usuais tabelas de alto contraste¹⁻¹⁴. Posteriormente, Regan¹² e Pelli & Robson⁹ comercializaram novas tabelas de baixo contraste, psicofisicamente melhor concebidas.

A questão que se coloca, é saber qual a real utilidade clínica de se medir a acuidade visual com optotipos de baixo contraste. Esse assunto ainda não está definido. Brown e Lovie-Kitchin, opinaram que como teste de rastreamento ("screening"), as tabelas de baixo contraste têm pouco valor na rotina oftalmológica³. Esse artigo motivou uma irada réplica por parte de Regan na qual ele afirma que a utilidade clínica da medida de acuidade visual em baixo contraste podia ser verificada pelas várias centenas de vezes (sic) que suas tabelas foram empregadas¹³. Essa afirmação foi refutada por Brown e Lovie-Kitchin, que mostraram que as "várias centenas" se resumiam a poucos estudos, alguns só publicados como resumos. Além disso, as tabelas utilizadas não foram as mesmas, os contrastes eram diferentes, o número de controles era reduzido e portanto nada podia ser concluído⁴.

Na retinopatia diabética a determinação da sensibilidade ao contraste com redes senoidais, pode revelar perdas visuais não detectáveis através da medida da acuidade visual^{7,8,19}. Teria a medida da acuidade visual em baixo contraste esse mesmo valor semiótico? No intuito de investigar essa questão, decidimos comparar a medida da acuidade visual em diferentes níveis de contraste entre uma amostra

de pacientes diabéticos, que tinham sido classificados como tendo visão normal, e um grupo-controle.

MATERIAL E MÉTODOS

1 – Grupo-controle

O grupo-controle foi constituído por 45 pessoas (faixa etária, 12 a 48 anos). Todas foram examinadas no ambulatório de Oftalmologia do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto, USP (HCRPUSP) e consideradas normais do ponto de vista oftalmológico. Os critérios adotados para a definição de "normal" foram: a) ausência de qualquer patologia externa; b) meios ópticos transparentes; c) fundoscopia normal; d) pressão intra-ocular menor que 20. mmHg; e) fixação bifoveal para longe e perto e ausência de movimentos oculares anômalos; f) ametropia inferior a 3.0 dioptrias esféricas e/ou 1.50 dioptrias cilíndricas; g) acuidade visual medida em condições ambulatoriais, com uma escala de Monoyer, igual a 1.0 em ambos os olhos.

2 – Pacientes

Vinte pacientes (faixa etária 20 a 62 anos) portadores de diabetes melito e seguidos clinicamente no Departamento de Endocrinologia do Hospital das Clínicas de Ribeirão Preto foram selecionados para participar no estudo. Dois pacientes apresentavam como sinais de retinopatia diabética poucos microaneurismas. Nos restantes a fundoscopia era normal. À exceção do fundo do olho, os critérios de seleção foram os mesmos do grupo-controle, inclusive no tocante à acuidade visual.

3 – Tabelas de alto e baixo contraste

Quatro tabelas de acuidade visual foram confeccionadas, seguindo os princípios introduzidos por Bailey e Lovie¹. Resumidamente: progressão angular geométrica e igual a 0.1 Log; mesmo número de optotipos em cada linha; espaçamento interlinhas e interoptotipos constante. O optotipo utili-

zado foi o E de Snellen com os três traços horizontais de mesmo comprimento (E de Rasquim). Todas as tabelas cobriam uma faixa angular que ia de 0.7 Log (5.0 minutos de arco) até -0.3 Log (0.5 minutos de arco). Consoante a sugestão de Taylor¹⁶, estipulamos em cinco o número de optotipos em cada linha.

Além da orientação dos optotipos, as tabelas diferiam entre si apenas no contraste. Os optotipos foram feitos a partir de retículas (133 linhas por centímetro) com quatro densidades diferentes (100, 51, 25 e 5%). Estas, quando aplicadas fotograficamente em papel Kodabromide 50 x 60 W3, resultaram em tabelas cujos contrastes, segundo a fração de Michelson, e medidos com um fotômetro Tektronix J16 Digital, foram: 91% (C1), 55% (C2), 29% (C3) e 5% (C4).

4 – Condições e processo de medida

As tabelas eram apresentadas aleatoriamente numa caixa de madeira. Nesta, 4 pares de lâmpadas fluorescentes proporcionavam homogênea iluminação de 800 Lux na superfície das tabelas. A iluminação do ambiente era de 300 Lux.

As medidas (monoculares) eram feitas a 6 metros com correção óptica. A acuidade visual foi considerada como o valor angular médio compreendido entre a última linha discriminada e a adjacente abaixo. Embora ambos os olhos tenham sido medidos, apenas os valores do olho direito foram tomados para análise.

RESULTADOS

A Figura 1 compara as distribuições dos ângulos visuais obtidos, segundo o contraste nos dois grupos estudados.

A Tabela 1 relaciona os parâmetros dessas distribuições.

Em ambos os grupos, à medida que o contraste diminui a variabilidade da distribuição aumenta. De fato, pode-

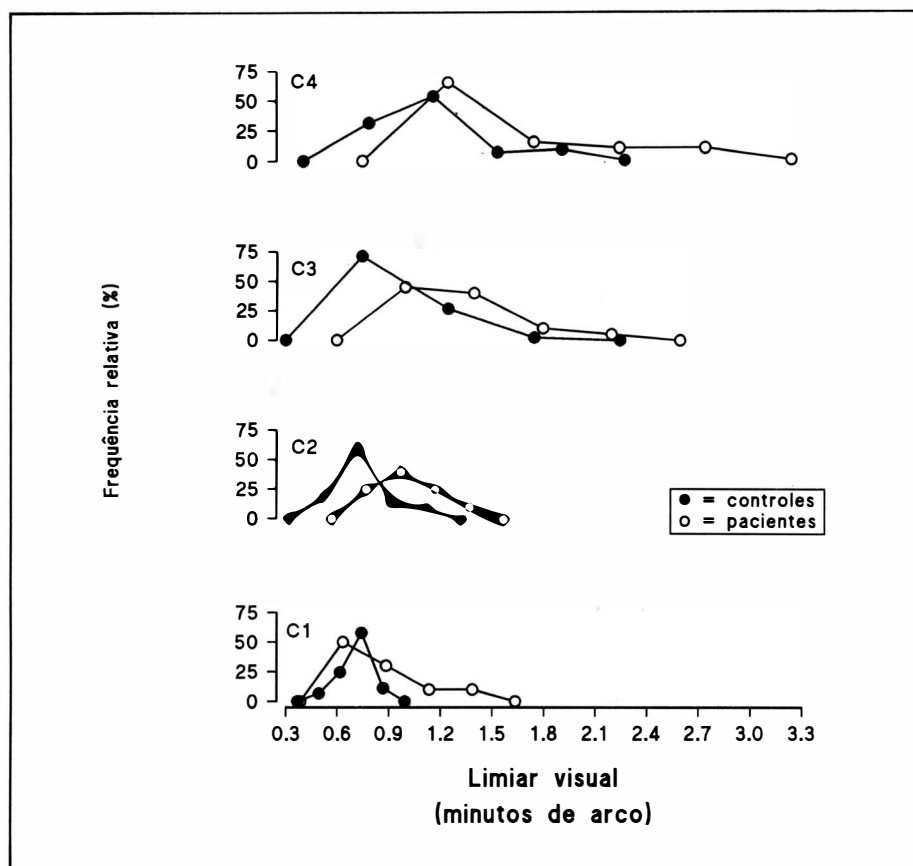


Figura 1 – Comparação entre ângulos visuais de pacientes diabéticos (n = 20) e controles (n = 45); em função do contraste (Michelson) da tabela. Os pacientes diabéticos tinham sido classificados, clinicamente, como tendo visão normal.

TABELA 1

Parâmetros das distribuições de ângulos visuais obtidos em dois estudados (C = controles e D = diabéticos), com tabelas de diferentes contrastes (C1 = 91%, C2 = 55%, C3 = 29% e C4 = 5%)

	Contraste							
	C1		C2		C3		C4	
	C	D	C	D	C	D	C	D
Média	0.67	0.87	0.74	0.95	0.93	1.35	1.12	1.64
Mediana	0.71	0.80	0.71	0.89	0.89	1.41	1.12	1.41
Variância	0.01	0.05	0.02	0.05	0.04	0.10	0.06	0.25

se notar que nos contrastes mais baixos (C3 e C4) há um razoável espalhamento dos polígonos de frequência. Esse efeito foi mais pronunciado nos diabéticos e pode também ser verificado na Figura 2, que compara os ângulos visuais médios e intervalos de confiança (95%) nos dois grupos.

Análise multifatorial de variância (contraste versus grupo clínico) revelou que a interação entre o fator contraste e categoria clínica foi significativa ($F = 5.710$, $p = 0.0009$). Isso significa que os dois grupos tiveram comportamento diferentes em relação ao contraste. Realmente, nos contras-

tes mais baixos a média dos limiares visuais sofreu uma elevação maior no grupo dos diabéticos. Entretanto, há de se notar que esse efeito foi a exacerbação de uma diferença já observada em alto contraste, pois já em C1, os dois grupos foram significativamente diferentes ($t = 4.48$, $p = 0.0003$, amostras não pareadas). Tanto num grupo como no outro, o teste de Tukey revelou que os dois primeiros contrastes (C1 e C2) não foram significativamente diferentes entre si. Porém, C3 e C4 foram diferentes entre si e também diferiram de C1 e/ou C2.

DISCUSSÃO

A necessidade de se medir a resolução visual em função do contraste, advém de um modelo teórico, que explica o sentido visual como o resultado da atividade de filtros ou canais (*channels*), veiculadores de faixas de frequência espacial. Esse modelo nasceu da aplicação do teorema de Fourier ao estudo da visão, que é definido pela equação abaixo⁶:

$$F(\alpha) = \int_{-\infty}^{\infty} f(x) e^{-j2\pi\alpha x} dx$$

Felizmente, o leitor não precisa ter conhecimentos de matemática superior para entender o que significa o teorema de Fourier. Suponha, que num papel de luminância 1 se desenhe barras negras de luminância 0. Suponha ainda que cada uma das barras tenha a mesma largura x que é igual ao espaçamento entre elas. O resultado é o que se chama de rede quadrada. Essa denominação “quadrada” deve-se ao fato que se passarmos sobre essa figura, um fotômetro no sentido horizontal, o perfil de luminância resultante terá a forma indicada na Figura 3.

O teorema de Fourier demonstra que a rede quadrada da Figura 3 pode ser construída a partir da soma de

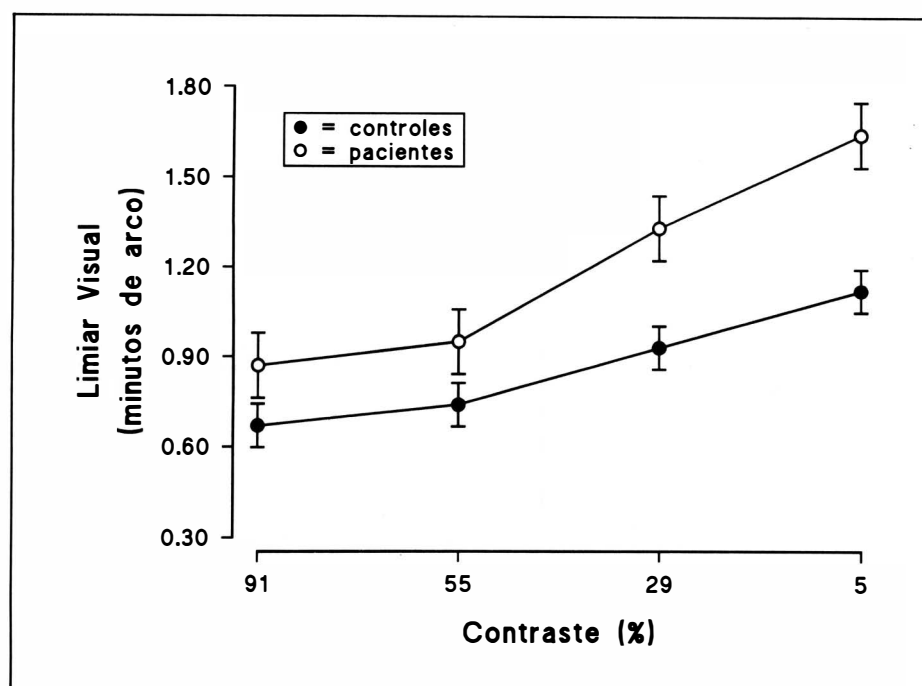


Figura 2 – Comparação entre valores médios e intervalos de confiança (95%) dos ângulos visuais de pacientes diabéticos (n = 20) e controles (n = 45). Os pacientes diabéticos tinham sido classificados, clinicamente, como tendo visão normal.

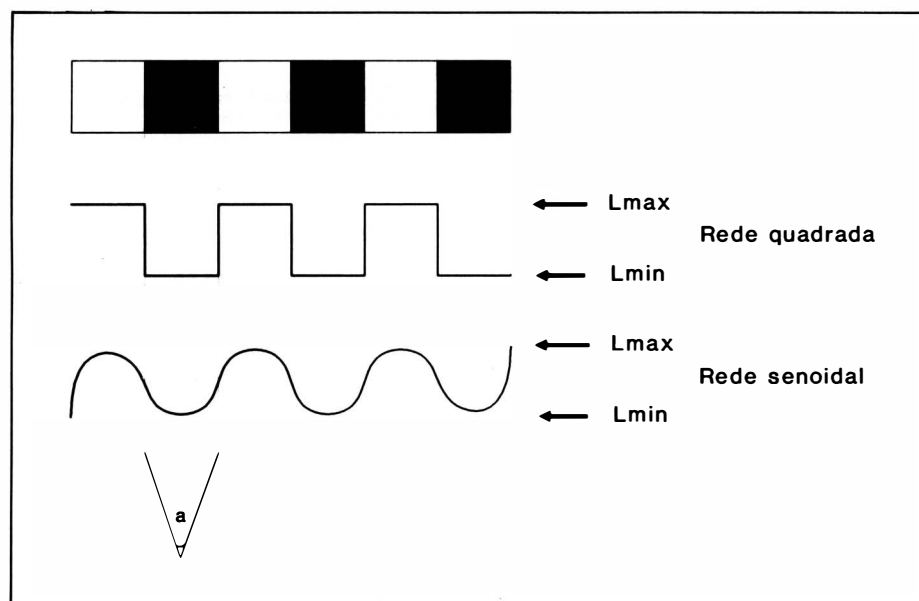


Figura 3 – Barras negras e brancas geram um perfil de luminância "quadrado". A largura das barras pode ser expressa através do ângulo visual (a) em minutos de arco (') ou por meio da frequência espacial em ciclos/grau (C/°). Uma rede senoidal com mesma frequência e contraste da rede quadrada é mostrada na parte de baixo da figura.

redes senoidais. Especificamente, se tomarmos uma rede senoidal de frequência f e contraste c , e a ela adicionarmos

redes senoidais de frequência $3f$, $5f$, $7f$... e contraste $c/3$, $c/5$, $c/7$... o resultado será uma rede quadrada de

mesma frequência da primeira rede senoidal e contraste $4/\pi$ menor que c . Esse tipo de análise também se aplica para padrões complexos, e, portanto, qualquer forma pode ser decomposta em perfis senoidais de luminância. Logo, segundo esse modelo, ondas senoidais de luminância são os elementos fundamentais, que o sistema visual utiliza para síntese perceptiva. Se aceitarmos que a visão é o resultado de um conjunto de canais carreadores de frequência espacial, o estímulo mais apropriado para caracterizar esses canais é a rede senoidal. Essa é a razão do largo uso das redes senoidais para a medida da sensibilidade ao contraste. Embora seja possível conversão de minutos de arco para ciclos por graus (basta dividir o número 30 pelo valor em minutos, por exemplo: $0,5' = 60 \text{ C/}^\circ$, $10' = 3 \text{ C/}^\circ$ etc.), optotipos não são equivalentes às redes senoidais. Uma letra que mede o ângulo visual $1'$ (20/20), contém não apenas 30 C/° , mas também outros componentes de frequência espacial¹⁷. A despeito dessa objeção teórica, seriam os optotipos de baixo contraste úteis para uso clínico? Nossos dados indicam que sim. Embora já em alto contraste os pacientes tenham diferido dos controles, no menor contraste estudado a diferença entre os valores médios dos dois grupos aumentou. Ou seja, a perda visual foi amplificada a partir do momento que mais canais de baixa frequência espacial foram introduzidos na medida. Assim, mesmo que a especificidade dos optotipos em relação à frequência espacial não seja igual a das redes senoidais, tabelas de baixo contraste são capazes de fornecer informações sobre os canais de baixa frequência. Consequentemente, o interesse em medir acuidade visual com tabelas de baixo contraste é obter um quadro mais amplo sobre a capacidade resolvente de pacientes com perda visual presumida ou mesmo confirmada.

Reconhecemos que o uso de optotipos de baixo contraste está longe de ser um procedimento usual. As pou-

cas tabelas comercializadas são caras e não padronizadas. Levando-se em conta que, para frequências espaciais de 3 a 5 C/º, pessoas normais conseguem detectar contrastes de até 0,2%¹⁸ (fração de Michelson), o menor contraste por nós utilizado ainda foi alto. A diminuição do contraste implica aumento de tamanho (diminuição da frequência espacial), o que acaba tornando impraticável a apresentação dos optotipos em linha. Para o estudo da acuidade visual em contrastes abaixo de 5%, optotipos isolados com barras geradoras de interação dos contornos talvez sejam a melhor opção.

Finalmente, é interessante notar que a diminuição do contraste de 91% para 55% praticamente não alterou a acuidade visual. Isso indica que tabelas clínicas podem perder cerca de 40% no contraste sem prejuízo na qualidade da medida.

SUMMARY

The contrast sensitivity of 20 diabetic patients with 20/20 of visual acuity and 45 controls was measured with low contrast acuity charts. Four contrast levels were used (91, 55, 29 e 5%). Multifactorial analysis of variance (contrast vs clinical group) showed that the interaction between the main factors was significant. The

two groups differed for high contrast optotypes but the difference was greater for low contrast. The results indicated that optotypes can be useful for characterizing low spatial frequency channels.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao professor Nivaldo Vieira de Souza, pela ajuda na seleção dos pacientes e ao Conselho Nacional de Pesquisa (CNPq), pelo auxílio financeiro na forma de bolsa de doutoramento (Clinton Schelb) e bolsa de pesquisa (Antônio A. V. Cruz).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAILEY, I.L. & LOVIE, J.E. New design principles for visual acuity letter charts. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.*, 53: 740-5, 1976.
2. BODIS-WOLNER, I. Visual acuity and contrast sensitivity in patients with cerebral lesions. *Science*, 178: 769-71, 1972.
3. BROWN, B. & LOVIE-KITCHIN, J.E. High and low contrast acuity and clinical contrast sensitivity tested in a normal population. *Optom. Vis. Sci.*, 66: 467-73, 1989.
4. BROWN, B. & LOVIE-KITCHIN, J.E. Reply. *Optom. Vis. Sci.*, 67: 654-6, 1990.
5. CAMPBELL, F.W. & ROBSON, J. Application of Fourier analysis to the visibility of gratings. *J. Physiol.*, 197: 551-60, 1968.
6. De VALOIS, R.L. & De VALOIS, K. Linear systems analysis. In: *Spatial Vision*. New York, Oxford University Press, 1990, p.3-22.
7. HYVARINEN, L.; LAURINEN, P.; ROMANO, J. Contrast sensitivity in evaluation of visual impairment due to diabetes. *Acta Ophthalmologica*, 61: 94-101, 1983.
8. SOKOL, S.; MOSKOWITZ, A.; SKARF, B.; EVANS, R.; MOLITCH, M.; SENIOR, B. Contrast sensitivity in diabetics with and without background retinopathy. *Arch. Ophthalmol.*, 103: 51-4, 1985.
9. PELLI, D.G.; ROBSON, J.G.; WILKINS, A.J. The design of a new letter chart for measuring contrast sensitivity. *Clin. Vis. Sci.* 2: 187-99, 1988.
10. REGAN, D. & NEIMA, D. Low-contrast letter charts as a test of visual functions. *Ophthalmology*, 90: 1192-200, 1983.
11. REGAN, D. & NEIMA, D. Low contrast letter charts in early diabetic retinopathy, ocular hypertension, glaucoma and Parkinson's disease. *Brit. J. Ophthalmol.*, 68: 885-9, 1984.
12. REGAN, D. Low-contrast letter charts and sine-wave grating tests in ophthalmological and neurological disorders. *Clin. Vis. Sci.* 2: 235-50, 1988.
13. REGAN, D. High and low contrast acuity. *Optom. Vis. Sci.* 67: 650-3, 1990.
14. SAKUMA, J.T.; DA SILVA, J.A.; CRUZ, A.A.V. Measurement of visual acuity with logarithmic charts: comparison between methods of threshold estimation. *Optom. Vis. Sci.*, 68: 666-9, 1991.
15. SHAPLEY, R.M. & ENROTH-CUGELL, C. Visual adaptation and retinal gain controls. *Progress in Retinal Research*, 3: 263-346, 1984.
16. TAYLOR, H.R. Applying new design principles to the construction of an illiterate E chart. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.*, 55: 348-51, 1978.
17. THORN, F. & SCHWARTZ, F. Effects of dioptric blur on Snellen and grating acuity. *Optom. Vis. Sci.*, 67: 3-7, 1990.
18. WOODHOUSE, J. & BARLOW, H.B. Spatial and temporal analysis. In: Barlow, H.B. & MOLLON, J.D. *The senses*. Cambridge, Cambridge University Press, 1987, 134 p.
19. YAMAZAKI, H.; ADACHI-USAMI, E.; CHIBA, J. Contrast thresholds of diabetic patients determined by vep and psychophysical measurements. *Acta Ophthalmologica*, 60: 386-92, 1982.

XIX Congresso Panamericano de Oftalmologia

11 a 15 de Julho • 1993 • Hotel Caracas Hilton

Caracas – Venezuela

Informações: XIX Congresso Panamericano de Oftalmologia
Apartado Postal 67282 – Plaza Las Américas
Caracas 1061 – A. Venezuela
Fones: (582) 571-0887 e 285-2433
Fax: (582) 571-0424 e 285-0447