

Sensibilidade ao contraste acromático para grades senoidais verticais em adolescentes e adultos

Maria José Nunes Gadelha
 Michael Jackson Oliveira de Andrade
 Olívia Dayse Leite Ferreira
 Rosália Carmen de Lima Freire
 Natanael Antonio dos Santos
 Universidade Federal da Paraíba

Resumo: O objetivo deste estudo foi caracterizar a função de sensibilidade ao contraste (FSC) de adolescentes e adultos jovens. Mediu-se a FSC para estímulos de grade senoidal linear com frequências espaciais de 0,25, 1,0, 2,0 e 8,0 cpg, utilizando o método psicofísico da escolha forçada com duas alternativas temporais. As medidas foram obtidas com visão binocular e luminância média de 42,6 cd/m². Todos os participantes apresentavam acuidade visual normal e estavam livres de doenças oculares identificáveis. As análises apontaram diferenças significantes entre os dois grupos nas frequências baixas, médias e altas. Os adultos foram mais sensíveis que os adolescentes nas frequências baixas (0,25 cpg), e os adolescentes foram mais sensíveis que os adultos nas frequências médias e altas (2,0 e 8,0 cpg). Esses resultados sugerem que o processo de desenvolvimento e maturação da percepção visual de contraste interage de maneira distinta com os mecanismos que processam frequências espaciais.

Palavras-chave: percepção visual; sensibilidade ao contraste; método psicofísico; grade senoidal linear; adolescentes e adultos.

ACHROMATIC CONTRAST SENSITIVITY FOR VERTICAL SINE-WAVE GRATINGS IN ADOLESCENTS AND ADULTS

Abstract: The aim of this study was to characterize the contrast sensitivity function (CSF) of adolescents and young adults. Was measured FSC for linear sine-wave grating stimuli with spatial frequencies of 0.25, 1.0, 2.0 and 8.0 cpd, using the forced-choice psychophysical method with two alternatives temporal. The measurements were performed with binocular vision and the medium luminance of 42.6 cd/m². All participants had normal acuity and were free of ocular pathology. The analysis showed significant differences between the two groups in the low medium and high frequencies. The adults were more sensitive than adolescents in low frequencies (0.25 cpd) and adolescents were more sensitive than adults in middle and high frequencies (2.0 and 8.0 cpd). These results suggest that the process of development and maturation of the visual perception of contrast interacts differently with the mechanisms that process spatial frequencies.

Keywords: visual perception; contrast sensitivity; psychophysical method; linear sine-wave grating; adolescents and adults.

SENSIBILIDAD AL CONTRASTE ACROMÁTICO PARA REDES SINUSOIDAIS VERTICAL EN ADOLESCENTES Y ADULTOS

Resumen: El objetivo de este estudio fue caracterizar la función de sensibilidad al contraste (FSC) de los adolescentes y adultos jóvenes. Se midió la FSC para estímulos de onda senoidal con frecuencias espaciales lineal de 0,25, 1,0, 2,0 y 8,0 cpg, utilizando el método psicofísico de la elección forzada con dos alternativas. Las mediciones se realizaron con la visión binocular y la luminancia media del 42,6 cd/m². Todos los participantes presentaban acuidad visual normal y estaban libres de enfermedades oculares identificables. El análisis mostró diferencias significantes entre los dos grupos en las frecuencias de bajo, medio y alto. Los adultos eran más sensibles que los adolescentes en las frecuencias bajas (0,25 cpg) y los adolescentes

eran más sensibles que los adultos en las frecuencias medias y altas (2,0 y 8,0 cpg). Estos resultados sugieren que el proceso de desarrollo y maduración de la percepción visual de contraste interactúa de manera diferente con los mecanismos que las frecuencias de proceso espacial.

Palabras clave: percepción visual; sensibilidad al contraste; método psicofísico; onda senoidal; adolescentes y adultos.

Introdução

A ideia de que o sistema nervoso (SN) sofre mudanças funcionais, estruturais e cognitivas com o aumento da idade vem sendo extensamente pesquisada pela comunidade científica durante décadas (GLASS, 2007; NEURINGER; JEFFREY, 2003). O sistema visual, uma das estruturas do SN responsáveis por atividades cognitivas tão elaboradas e complexas como a percepção visual, não poderia ser uma exceção (GLASS, 2002), pois o aumento da idade provoca alterações nas estruturas ópticas, neurais e, naturalmente, nas funções visuais (ADAMS, 1987; BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002; BURTON; OWSLEY; SLOANE, 1993; CAMPBELL; GREEN, 1965; FIORENTINI et al., 1996; GELDMACHER; RIEDEL 1999; HIGGINS et al., 1988; HUA et al., 2006; LEVENTHAL et al., 2003; KAARNIRANT et al., 2009; PARK et al., 2004; PEARSON et al., 2006; SALTHOUSE, 1993; SCHMOLESKY et al., 2000; TRILLO; GONZALO, 1992; WANG et al., 2005; YU et al., 2006). Assim, o uso de métodos e instrumentos não invasivos capazes de avaliar as funções e o comportamento do sistema visual humano (SVH) relacionados ao aumento da idade, como a função de sensibilidade ao contraste (FSC), foi de grande relevância no contexto teórico e clínico.

A FSC foi introduzida na década de 1940 (SCHADE, 1948; SELWYN, 1948). Ela é definida como a recíproca da quantidade mínima de contraste necessária para detectar um padrão qualquer (por exemplo, uma grade senoidal) de uma determinada frequência espacial (CORNSWEET, 1970). A FSC é um tipo de limiar sensorio que procura estabelecer experimentalmente a menor intensidade de contraste (variável dependente) que o sistema visual (SV) precisa para detectar um determinado estímulo visual formado por uma onda modulada senoidal ou cossenoidalmente no espaço e definida pela frequência espacial (variável independente). A frequência espacial é definida pelo número de ciclos por grau de ângulo visual, cpg. Na medição da FSC, o contraste para cada estímulo ou frequência é ajustado com um procedimento psicofísico, até que o SV possa discriminar um padrão com uma grade senoidal em frequências espaciais baixas (listras grossas), médias (listras intermediárias) ou altas (listras finas) de um outro com um campo homogêneo de luminância média (ver Figura 1). A ideia fundamental quanto à utilização da FSC é que a redução da sensibilidade ou a elevação do limiar sensorio, em função de uma determinada frequência espacial, tomando como referência um valor padrão, seja um sinal de alterações nos mecanismos ou nas vias sensorias que processam contraste. Contraste pode ser definido pela relação entre luminância máxima e mínima (picos e depressões da onda, respectivamente) e ilustrado matematicamente pela equação de Michelson (DE VALOIS; DE VALOIS, 1988):

$$C = \frac{L_{m\acute{a}x} - L_{m\acute{i}n}}{L_{m\acute{a}x} + L_{m\acute{i}n}}$$

Santos e Simas (2001a) apresentam uma revisão teórica sobre a utilização da FSC e alguns estímulos visuais empregados na medição da resposta do SV.

A partir da introdução da FSC e do estudo pioneiro de Campbell e Robson (1968), que introduziram o modelo teórico de canais múltiplos como base para explicar a percepção visual de objeto, várias pesquisas com recém-nascidos, crianças, adultos e idosos foram realizadas para tentar descrever os efeitos da idade na percepção visual e, naturalmente, no SN. O modelo de canais múltiplos defende que o SVH é composto por vias ou canais, que respondem de forma seletiva e simultânea a faixas estreitas de frequências espaciais ou atributos diferentes do objeto (SANTOS; SIMAS, 2001b, 2002; DAW, 2006). Uma das vantagens da FSC é a possibilidade de medir a resposta a cada um desses mecanismos, separadamente, em função da variação da idade. Uma discussão mais abrangente acerca do modelo de canais múltiplos em percepção visual e da FSC pode ser encontrada em De Valois e De Valois (1988).

Os principais achados com recém-nascidos indicam que a FSC é muito pobre ao nascer, melhorando rapidamente durante os primeiros meses de vida (ATKINSON; BRADDICK; BRADDICK, 1974; ATKINSON; BRADDICK; MOAR 1977; CANNON JR., 1983; NORCIA; TYLER; HAMER, 1990; PETERZELL; WERNER; KAPLAN, 1995). Já os dados com crianças mostram que o processo de desenvolvimento da FSC se estende até a faixa etária dos 7 aos 12 anos, quando a criança atinge o desempenho dos adultos (ADAMS; COURAGE, 2002; BENEDEK et al., 2003; BRADLEY; FREEMAN, 1982; ELLEMBERG et al., 1999; SANTOS; FRANÇA, 2008; SANTOS; FRANÇA; CRUZ, 2007). Em linhas gerais, os estudos com recém-nascidos e crianças relatam que a sensibilidade ao contraste para grades senoidais melhora gradativamente com a idade e que a identificação do período de maturação do sistema visual da criança dependem das condições de visualização e do método psicofísico empregado.

Os principais achados com adultos e idosos mostraram que o envelhecimento provoca alterações na FSC, principalmente nas frequências altas (SCHEFRIN et al., 1999; FIORENTINI et al., 1996) e que as alterações se tornam mais acentuadas a partir dos 50 anos de idade (FIORENTINI et al., 1996; NIO et al., 2000; OWSLEY; SEKULER; SIEMSEN, 1983).

O presente estudo dá continuidade a uma série de pesquisas realizadas em nosso laboratório por alunos de iniciação científica, que procura descrever a percepção visual de contraste de crianças, adultos e idosos, utilizando a FSC para estímulos visuais e luminâncias diferentes. Neste estudo, utilizou-se a FSC para determinar a resposta do SV de adolescentes e adultos jovens, por meio do método psicofísico da escolha forçada entre duas alternativas e estímulos de grade senoidal acromático, com luminância média fotópica de 42,6 cd/m². O objetivo foi comparar a FSC dos dois grupos e tentar descrever a FSC de adolescentes, uma vez que estudos com essa população são raros. Este estudo representou ainda uma tentativa de descrever a faixa etária em que a FSC visual atinge o seu desenvolvimento máximo, pois a maioria das pesquisas encontradas foi realizada com crianças, adultos e idosos (ARUNDALE, 1978; DEREFELDT; LENNERSTRAND; LUNDH, 1979; MCGRATH; MORRINSON, 1981; OWSLEY; SEKULER; SIEMSEN, 1983; SEKULER; HUTMANN,

1980; SKALKA, 1980; SOKOL; DOMAR; MOSKOWITZ, 1980). Talvez uma das indagações de quem trabalha com psicologia sensorial seja tentar responder quando termina o processo de desenvolvimento e inicia-se o processo de envelhecimento para certos atributos da percepção visual de contraste.

Método

Participantes

Participaram da pesquisa 16 voluntários, 8 adolescentes (7 homens e 1 mulher) na faixa etária de 13-17 anos ($M = 14$; $DP = 1,41$); e 8 adultos (6 homens e 2 mulheres) na faixa etária de 20-27 anos ($M = 23,12$; $DP = 2,85$). Todos os participantes apresentaram acuidade visual normal ou corrigida, avaliados pela cartela de optótipos "E" de Rasquim, e estavam livres de qualquer doença ocular ou neuropsicológica identificável.

A participação de todos aconteceu de forma voluntária por meio de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido devidamente assinado, de acordo com a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (Ministério da Saúde), que trata das diretrizes e normas de pesquisas envolvendo seres humanos, apresentado pelo Comitê de Ética local.

Equipamentos e estímulos

As medidas de sensibilidade ao contraste foram realizadas em um monitor de vídeo colorido LG/RCT (Cathodic Ray Tube), com tela plana de 19 polegadas. A tela do monitor apresentava resolução 1.024×768 pixels e taxa de atualização de 70 Hz, controlado por um microcomputador com placa de vídeo com entrada VGA e DVI, e conectado a *hardware* Bits++ (Cambridge Research Systems, Rochester, Kent, England). A função do Bits++ era aumentar a resolução da tela do monitor de 8 para 14 bits, possibilitando a geração de estímulos com melhor definição. A luminância e a correção gama do monitor foi controlado com um programa LightScan e um fotômetro OptiCAL (Cambridge Research Systems, Rochester, Kent, Englan). O valor da luminância média do monitor foi de $42,6$ cd/m². Um programa em linguagem C++ para gerar os estímulos e rodar os experimentos foi desenvolvido pelo Laboratório de Percepção Neurociências e Comportamento (LPNeC).

O ambiente experimental tinha dimensões de 2,5 por 2,0 metros e era iluminado por uma lâmpada fluorescente Philips de 20 W. Uma cadeira foi fixada à distância de 150 cm do monitor. A resposta dos participantes foi registrada por meio dos botões esquerdo (número 1) e direito (número 2) do *mouse*.

Foram utilizados estímulos visuais acromáticos do tipo grade senoidal linear com frequências espaciais de 0,25, 1,0, 2,0 e 8,0 cpg, e um estímulo neutro cinza homogêneo com luminância média $42,6$ cd/m². Todos os estímulos eram circulares com diâmetro de aproximadamente 7,2 graus de ângulo visual, gerados no centro da tela do monitor. Exemplos dos estímulos podem ser encontrados na Figura 1.

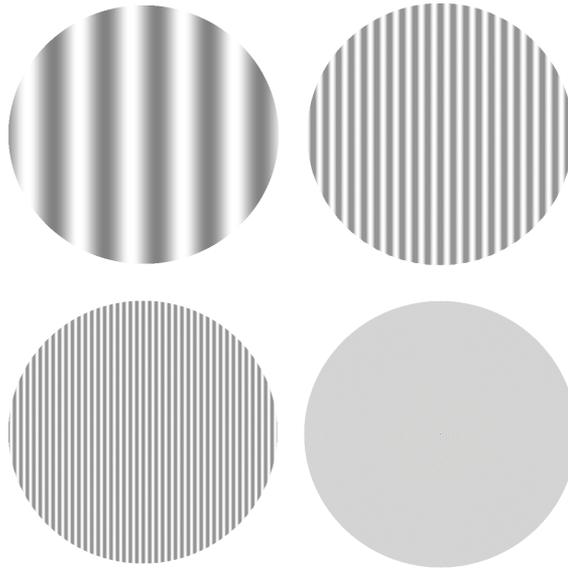


Figura 1. Exemplos de estímulos de grade senoidal linear, acima (à esquerda, a frequência espacial de 0,25 cp/g, e à direita, a frequência de 1,0 cp/g) e embaixo (à esquerda, a frequência radial de 2,0 cp/g, e à direita, o estímulo neutro)

Procedimento

Utilizou-se um delineamento experimental com medidas repetidas como é peculiar às pesquisas em percepção visual com método psicofísico, em que o “N” estatístico é obtido a partir do número de reversões ou valores de máximos e mínimos de contraste. Todos os participantes foram submetidos às mesmas frequências espaciais, que foram apresentadas em ordem aleatória. O delineamento foi composto por uma variável independente, grupo, e uma variável dependente, limiar ou sensibilidade ao contraste.

Mediu-se o limiar ou a sensibilidade ao contraste (FSC) com método psicofísico da escolha forçada entre duas alternativas temporais (SANTOS et al., 2006), no qual o participante teve que escolher, entre dois estímulos, qual continha a frequência de teste. Esse método se baseia na probabilidade de acertos consecutivos por parte do voluntário, ou seja, em cerca de 100-150 apresentações de escolhas entre os dois estímulos; o estímulo de teste é percebido, por exemplo, em 79% das vezes.

O procedimento para medir o limiar para cada frequência consistiu na apresentação sucessiva simples do par de estímulos, e o participante teve que escolher dentre eles qual continha a frequência (Figura 1). O outro estímulo (estímulo neutro) foi sempre um padrão homogêneo com luminância média. O critério adotado para variar o contraste do estímulo foi o de três acertos consecutivos para diminuir o contraste em 20% e um erro para aumentar o contraste na mesma unidade. Cada estímulo foi apresentado por 2 s, com intervalo entre eles de 1 s e com intervalo entre tentativas, ou par de estímulos, de

3 s (Figura 2). Todas as medidas foram realizadas com visão binocular e pupila natural, e apresentaram-se os estímulos de forma aleatória.

Antes do início de cada sessão experimental, os voluntários foram orientados a pressionar o botão esquerdo do *mouse* (ou número 1) quando o estímulo de teste fosse apresentado primeiro, e o botão direito do *mouse* (ou número 2) quando o estímulo de teste fosse apresentado em segundo lugar. Os voluntários receberam a seguinte instrução: “Serão apresentados pares de estímulos, um com listras claro-escuras e outro totalmente cinza. Você deverá escolher sempre o estímulo que contém as listras, pressionando o botão do lado esquerdo (botão número 1) do *mouse* quando o estímulo com listras for apresentado primeiro, e o botão do lado direito (botão número 2) quando for apresentado em segundo lugar (após o estímulo cinza)”. Cada sessão foi iniciada com o estímulo teste com contraste em nível supralimiar, e os experimentos só começaram quando o experimentador certificou-se de que os participantes entenderam e responderam conforme as instruções.

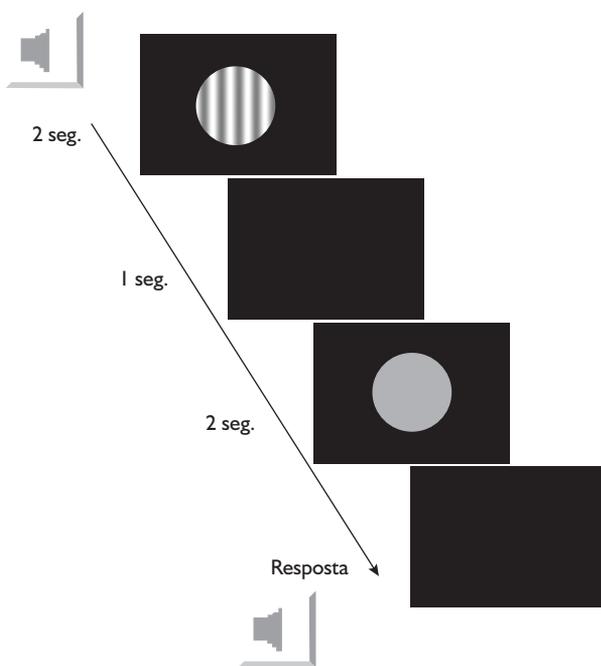


Figura 2. Simulação experimental com o estímulo de grade senoidal linear com frequência de 1,0 cpg apresentado em primeiro, e o estímulo neutro em segundo

As sessões experimentais tinham duração de 5 a 10 minutos, e cada frequência foi medida duas vezes, aleatoriamente, em dias diferentes. Nesse tipo de procedimento, o número de apresentações necessárias para determinar o limiar de contraste varia de acordo com os acertos e erros dos voluntários, bem como do número de máximos e mínimos ou reversões que se quer obter. Assim, a sessão experimental terminou automaticamente assim que três valores máximos e três mínimos de contrastes (ou seis reversões) foram obtidos.

Resultados

Os seis valores de máximos e mínimos de contrastes obtidos para cada frequência foram agrupados em planilhas por frequência e por grupo, e a grande média foi utilizada como estimativa da sensibilidade ao contraste. Os dados das planilhas foram analisados com uma Anova simples para comparar o efeito principal de grupo e o teste *post-hoc* Tukey HSD, para avaliar em quais frequências os grupos foram semelhantes ou diferentes.

A Figura 3 mostra as curvas de FSC obtidas a partir da grande média de adolescentes de 13 a 17 anos e adultos de 20 a 27 anos para as frequências de 0,25, 1,0, 2,0 e 8,0 cpq. Como a sensibilidade ao contraste (FSC) é o inverso do limiar de contraste (1/FSC), quanto menor o limiar de contraste, maior a sensibilidade do SVH, e vice-versa. As frequências espaciais são apresentadas nos gráficos em função da sensibilidade ao contraste do SVH. As barras verticais em cada uma das curvas indicam os erros padrão das médias.

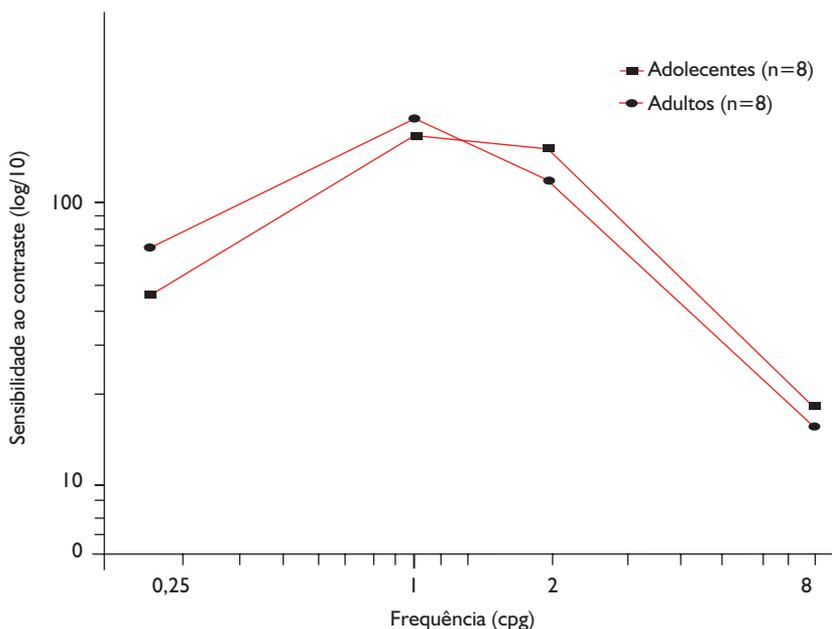


Figura 3. Curvas de FSC de adolescentes (—■—) e adultos (—●—) para estímulos visuais formados por grades senoidais lineares com frequências espaciais de 0,25, 1,0, 2,0 e 8,0 cpq

Na Figura 3, observa-se que a máxima sensibilidade e a menor sensibilidade ocorreram nas frequências de 1,0 e 8,0 cpq, respectivamente, para ambos os grupos. Verifica-se ainda uma inversão da curva de FSC dos adolescentes entre as frequências de 1,0 e 2,0 cpq. Isto é, os adultos foram cerca de 1,5 e 1,1 mais sensíveis que os adolescentes, nas frequências de 0,25 e 1,0 cpq, respectivamente, enquanto os adolescentes foram cerca de 1,3 e 1,2 mais sensíveis do que os adultos nas frequências de 2,0 e 8,0 cpq, respectivamente. A

Anova mostrou diferença significativa entre os grupos F [(1, 156) = 22,27, ($p < 0,001$)]. Já o teste *post-hoc* Tukey HSD mostrou diferenças significantes entre os grupos nas frequências de 0,25, 2,0 e 8,0 cpg ($p < 0,01$).

Os resultados indicam alterações na FSC visual entre os adolescentes e adultos, nas duas faixas etárias estudadas, sugerindo que os mecanismos que processam o contraste interagem de forma diferente com a idade.

Discussão

A principal proposta deste estudo foi caracterizar e comparar a resposta do sistema visual de adolescentes e adultos, utilizando o método psicofísico da escolha forçada entre duas alternativas, para avaliar possíveis mudanças no comportamento da FSC relacionadas à idade. As curvas de FSC mostraram perfis gerais semelhantes, com faixa de máxima sensibilidade na frequência de 1,0 cpg (próximo ao centro das curvas) e com reduções na sensibilidade ao contraste nas frequências espaciais mais baixas (0,25 cpg) e mais altas (8,0 cpg), extremos das curvas, para os dois grupos. Entretanto, as análises estatísticas revelaram diferenças significantes entre os dois grupos nas faixas de frequências espaciais baixas, médias e altas, de forma que os adultos jovens foram mais sensíveis que os adolescentes nas frequências baixas e médias (0,25 e 1,0 cpg, respectivamente). Já estes últimos foram mais sensíveis que os adultos nas frequências médias e altas (2,0 e 8,0 cpg, respectivamente).

Esses resultados não eram necessariamente os esperados, uma vez que são contrários a alguns estudos encontrados na literatura. A maioria dos estudos que comparam a FSC de crianças e adultos discute que o processo de desenvolvimento da FSC se estende apenas até a faixa etária dos 7 aos 12 anos, quando as crianças nessas idades atingem o desempenho dos adultos jovens (ADAMS; COURAGE, 2002; BENEDEK et al., 2003; BRADLEY; FREEMAN, 1982; ELLEMBERG et al., 1999; SANTOS; FRANÇA, 2008; SANTOS; FRANÇA; CRUZ, 2007). Já as pesquisas mais recentes, que comparam a FSC de adultos e idosos, mostraram que o envelhecimento provoca alterações significantes estatisticamente na FSC apenas depois dos 50 anos de idade, principalmente nas frequências altas (FIORENTIN, et al., 1996; NIO et al., 2000; OWSLEY; SEKULER; SIEMSEN, 1983; SCHEFRIN et al., 1999). Entretanto, não é possível fazer uma comparação direta entre os resultados obtidos neste estudo com outras pesquisas existentes na literatura, pois os estudos encontrados não tiveram como foco principal medir a FSC de adolescentes e adultos, embora alguns trabalhos, como o de Santos e França (2008), tenham medido a FSC de voluntários com 13 anos e discutido que a maturação da FSC se estende além dessa faixa etária nas frequências mais baixas. No entanto, vale salientar que Santos e França (2008) não mediram faixa etária mais alta. Já os estudos de Benedek et al. (2003) e Bradley e Freeman (1982) chegaram a medir a FSC de crianças e adolescente com até 16 anos, todavia não relataram mudanças na FSC depois dos 13 anos.

Uma hipótese levantada é que o sistema visual pode atingir a maturação para as frequências espaciais baixas e altas em faixas etárias diferentes. Isto é, o processo de maturação ocorre primeiro nas frequências espaciais altas e, por último, em idades mais altas,

nas frequências mais baixas. Se essa hipótese for verdadeira, é possível que o processo de envelhecimento atinja primeiro as frequências mais altas, cujo processo é concluído primeiro, e, por último, as frequências mais baixas, que se desenvolvem mais lentamente. Embora essa hipótese seja preliminar e precise ser mais bem investigada, os estudos com adultos e idosos que mostram prejuízos mais acentuados apenas para as frequências espaciais altas podem fornecer indícios para a hipótese inicial (cf., por exemplo, OWSLEY; SEKULER; SIEMSEN, 1983).

Considerações finais

Este estudo mostrou que a FSC é uma técnica não invasiva sensível ao processo de desenvolvimento e maturação da percepção visual de contraste, possibilitando avaliar de forma objetiva as alterações relacionadas à idade em humanos. Estudo dessa natureza pode favorecer uma compreensão mais aprofundada das mudanças sofridas pelo SV durante o processo de maturação, possibilitando, inclusive, a utilização da FSC na avaliação teórica e clínica de transtornos mentais que acometem humanos, independentemente da idade, como depressão, epilepsia, esquizofrenia, entre outros (ELLIOT; SITU, 1998; SANTOS; SIMAS, 2001b; CAVALCANTI; SANTOS, 2005). É nessa perspectiva que temos procurado utilizar a FSC para investigar, em um primeiro momento, a percepção visual de voluntários saudáveis.

Referências

- ADAMS, I. Comparison of synaptic changes in the precentral and postcentral cerebral cortex of aging humans: a quantitative ultrastructural study. **Neurobiology of Aging**, n. 8, p. 203-212, 1987.
- ADAMS, R. J.; COURAGE, M. L. Using a single test to measure human contrast sensitivity from early childhood to maturity. **Vision Research**, n. 42, p. 1205-1210, 2002.
- ARUNDALE, K. An investigation into the variation of human contrast sensitivity with age and ocular pathology. **British Journal of Ophthalmology**, n. 62, p. 213-215, 1978.
- ATKINSON, J.; BRADDICK, O.; BRADDICK, F. Acuity and contrast sensitivity of infant vision. **Nature**, n. 247, p. 403-404, 1974.
- ATKINSON, J.; BRADDICK, O.; MOAR, K. Contrast sensitivity of the human infant for moving and static patterns. **Vision Research**, v. 17, p. 1045-1047, 1977.
- BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. **Neurociências: desvendando o sistema nervoso**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.
- BENEDEK, G. et al. The scotopic low-frequency spatial contrast sensitivity develops in children between the ages of 5 and 14 years. **Neuroscience Letters**, n. 345, p. 161-164, 2003.
- BRADLEY, A.; FREEMAN, R. D. Contrast sensitivity in children. **Vision Research**, n. 22, p. 953-959, 1982.

- BURTON, K. B.; OWSLEY, C.; SLOANE, M. E. Aging and neural spatial contrast sensitivity: photopic vision. **Vision Research**, v. 33, n. 7, p. 936-946, 1993.
- CAMPBELL, F. W.; GREEN, D. G. Optical and retinal factors affecting visual resolution. **Journal Physiology of London**, n. 181, p. 576-593, 1965.
- CAMPBELL, F. W.; ROBSON, F. G. Application of the Fourier analysis to the visibility of gratings. **Journal of Physiology**, n. 197, p. 551-566, 1968.
- CANNON JR., M. W. Contrast sensitivity: psychophysical and evoked potential methods compared. **Vision Research**, v. 23, p. 87-95, 1983.
- CAVALCANTI, A. M.; SANTOS, N. A. Os efeitos da depressão na percepção visual de contraste em humanos: achados preliminares. **Revista Brasileira de Terapias Cognitivas**, v. 1, n. 1, p. 21-28, 2005.
- CORNSWEET, T. N. **Visual perception**. New York: Academic Press, 1970.
- DAW, N. W. **Visual development**. 2. ed. New York: Spring, 2006.
- DEREFELDT, F. D.; LENNERSTRAND, G.; LUNDH, B. Age variations in normal human contrast sensitivity. **Acta Ophthalmology**, n. 57, p. 679-690, 1979.
- DE VALOIS, R. L.; DE VALOIS, K. K. **Spatial vision**. New York: Oxford University Press, 1988.
- ELLEMBERG, D. et al. Development of spatial and temporal vision during childhood. **Vision Research**, v. 39, p. 2325-2333, 1999.
- ELLIOT, D. B.; SITU, P. Visual acuity versus letter contrast sensitivity in early cataract. **Vision Research**, v. 38, p. 2047-2052, 1998.
- FIORENTINI, A. et al. Visual ageing: Unspecific decline of the responses to luminance and colour. **Vision Research**, v. 21, n. 36, p. 3557-3566, 1996.
- GELDMACHER, D. S.; RIEDEL, T. M. Age effects on random-array letter cancellation tests. **Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Behavioral Neurology**, n. 12, p. 28-34, 1999.
- GLASS, J. M. Visual function and cognitive aging: differential role of contrast sensitivity in verbal versus spatial tasks. **Psychology and Aging**, v. 22, n. 2, p. 233-238, 2007.
- GLASS, P. Development of the visual system and implications for early intervention. **Infants and Young Children**, v. 15, p. 1-10, 2002.
- HIGGINS, K. E. et al. Spatial contrast sensitivity: effects of age, test-retest and psychophysical method. **Journal of the Optical Society of America**, v. 12, n. 5, p. 2173-2180, 1988.
- HUA, T. et al. Functional degradation of visual cortical cells in old cats. **Neurobiology Aging**, n. 27, p. 155-162, 2006.
- KAARNIRANTA, K. et al. Heat shock proteins as gatekeepers of proteolytic pathways – implications for age-related macular degeneration (AMD). **Ageing Research Reviews**, n. 8, p. 128-139, 2009.

- LEVENTHAL, A. G. et al. GABA and its agonists improved visual cortical function in senescent monkeys. **Science**, n. 300, p. 812-815, 2003.
- MCGRATH, C.; MORRISON, J. D. The effects of age on spatial frequency perception in human subjects. **Quarterly Journal of Experimental Physiology**, n. 66, p. 253-261, 1981.
- NEURINGER, M.; JEFFREY, B. G. Visual development: Neural basis and new assessment methods. **Journal of Pediatric**, v. 143, p. 587-595, 2003.
- NIO, Y. K. et al. Age-related changes of defocus-specific contrast sensitivity in healthy subjects. **Ophthalmic and Physiological Optics**, v. 20, n. 4, p. 323-334, 2000.
- NORCIA, A. M.; TYLER, C. W.; HAMER, R. D. Development of contrast sensitivity in the human infant. **Vision Research**, v. 30, n.10, p. 1475-1486, 1990.
- OWSLEY, C.; SEKULER, R.; SIEMSEN, D. Contrast sensitivity throughout adulthood. **Vision Research**, n. 23, p. 689-699, 1983.
- PARK, D. C. et al. Agein reduce neural specialization in ventral visual cortex. **Psychology**, v. 101, n. 35, p. 13091-13095, 2004.
- PEARSON, P. M. et al. Ganglion cell loss and age-related visual loss: a cortical pooling analysis. **Optometri and Vision Science**, v. 83, n. 7, p. 444-454, 2006.
- PETERZELL, D. H.; WERNER, J. S.; KAPLAN, P. S. Individual differences in contrast sensitivity functions: Longitudinal study of 4-, 6- and 8-monthold human infants. **Vision Research**, n. 35, p. 961-979, 1995.
- SALTHOUSE, T. A. Attentional blocks are not responsible for agerelated slowing. **Journal of Gerontology**, n. 48, p. 263-270, 1993.
- SANTOS, N. A.; FRANÇA, V. C. R. M. Sensibilidade ao contraste a grades senoidais de frequências espaciais baixas em crianças. **Estudos de Psicologia**, v. 25, n. 2, p. 177-184, 2008.
- SANTOS, N. A.; FRANÇA, V. C. R. M.; CRUZ, E. D. N. Percepção de padrões concêntricos em crianças de 8 a 13 Anos. **Paidéia**, v. 17, n. 37, p. 255-264, 2007.
- SANTOS, N. A.; SIMAS, M. L. B. Função de sensibilidade ao contraste: indicador da percepção visual da forma e da resolução espacial. **Psicologia: reflexão e crítica**, v. 14, n. 3, p. 589-597, 2001a.
- _____. Percepção e processamento visual da forma: discutindo modelos teóricos atuais. **Psicologia: reflexão e crítica**, v. 14, n. 1, p. 151-160, 2001b.
- _____. Processamento visual da forma: análise de sistema linear e alguns paradigmas psicofísicos. **Psicologia: reflexão e crítica**, v. 15, n. 3, p. 529-536, 2002.
- SANTOS, N. A. et al. Mesopic radialfrequency contrast sensitivity function for young and older adults. **Brazilian Journal of Medical and Biological Research**, n. 39, p. 791-794, 2006.
- SCHADE, O. H. Electro-optical characteristics of television systems. 1. Characteristics of vision and visual systems. **RCA Review**, v. 9, p. 5-37, 1948.

SCHEFRIN, B. E. et al. Senescent changes in scotopic contrast sensitivity. **Vision Research**, v. 22, n. 390, p. 3728-3736, 1999.

SCHMOLESKY, M. T. et al. Degradation of stimulus selectivity of visual cortical cells in senescent rhesus monkeys. **Nature Neuroscience**, n. 3, p. 384-390, 2000.

SEKULER, R.; HUTMANN LP. Spatial vision and aging. Contrast sensitivity. **Journal of Gerontology**, n. 35, p. 692-699, 1980.

SELWYN, E. W. H. The photographic and visual resolving power of lenses. Visual resolving power. **Photographic Journal**, v. 88B, p. 6-12, 1948.

SKALKA, H. W. Effect of age on Arden grating acuity. **Journal of Ophthalmology**, n. 64, p. 21-23, 1980.

SOKOL, S.; DOMAR, A.; MOSKOWITZ, A. Utility of the Arden grating test in glaucoma screening: high false positive rate in normals over 50 years of age. **Investigative Ophthalmology & Visual Science**, n. 19, p. 1529-1533, 1980.

TRILLO, L.; GONZALO, L. M. Ageing of the human entorhinal cortex and subicular complex. **Histology and Histopathology**, v. 1, n. 7, p. 17-22, 1992.

WANG, Y. et al. Degradation of signal timing in cortical areas V1 and V2 of senescent monkeys. **Cerebral Cortex**, v. 15, n. 4, p. 403-408, 2005.

YU, S. et al. Functional degradation of extrastriate visual cortex in senescent rhesus monkeys. **Neuroscience**, n. 140, p. 1023-1029, 2006.

Contato

Maria José Nunes Gadelha
Rua Vivaldo Alves da Costa, 40
Mangabeira I – João Pessoa – PB
CEP 58055-690
e-mail: nunesgadelha@hotmail.com

Tramitação

Recebido em novembro de 2009

Aceito em março de 2010