

DESENVOLVIMENTO DA SENSIBILIDADE AO CONTRASTE PARA FREQUÊNCIAS ESPACIAIS EM CRIANÇAS¹

Natanael Antonio dos Santos^{*}
Valtenice de Cássia Rodrigues de Matos França[#]

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi mensurar a função de sensibilidade ao contraste (FSC) para frequências espaciais na faixa de 0,25 a 2cpq em crianças (4, 5, 6 e 7 anos) e adultos jovens. Foram estimados limiares de contraste para 25 participantes (vinte crianças e cinco adultos jovens), utilizando-se o método psicofísico da escolha forçada e nível baixo de luminância. Todos os participantes apresentavam acuidade visual normal e se encontravam livres de doenças oculares identificáveis. Os resultados mostraram que a FSC de crianças de 4, 5, 6 e 7 anos melhora significativamente com a idade e que a FSC de crianças de 7 anos é mais baixa do que a de adultos jovens. Estes resultados sugerem que o desenvolvimento da percepção visual de contraste para estímulos de grade senoidal aumenta gradualmente, prolongando-se além dos 7 anos.

Palavras-chave: sensibilidade ao contraste, desenvolvimento visual, método da escolha forçada.

CONTRAST SENSITIVITY DEVELOPMENT FOR SPATIAL FREQUENCIES IN CHILDREN

ABSTRACT. The aim of this work was to measure the contrast sensitivity function (CSF) for visual spatial frequencies, ranging between 0.25 and 2 cpd, in children (4, 5, 6 and 7 years old) and adults. The contrast thresholds were measured in 25 participants (twenty children and five young adults), by using the psychophysical forced-choice staircase method and low luminance. All subjects in the program were free from ocular or visual disease, thus presenting a normal visual acuity. The results showed that CSF of 4, 5, 6 and 7 year-old children improved significantly with the aging process. Moreover, it was shown that, the CSF of 7 year-old-children was lower than those of adults. Such results suggest that the development, regarding visual contrast perception for sine-wave grating stimuli increases gradually, thus, going on beyond 7 year-old.

Key words: Contrast sensitivity, visual development, forced-choice staircase method.

DESARROLLO DE LA SENSIBILIDAD AL CONTRASTE PARA FRECUENCIAS ESPACIALES EN NIÑOS

RESUMEN. El objetivo de este trabajo fue mensurar la función de sensibilidad al contraste (FSC) para frecuencias espaciales en la franja de 0,25 a 2cpq en niños (4, 5, 6 y 7 años) y adultos jóvenes. Fueron estimados umbrales de contraste para 25 participantes (veinte niños y cinco adultos jóvenes), utilizándose el método psicofísico de la elección forzada y nivel bajo de luminancia. Todos los participantes presentaban acuidad visual normal y estaban libres de enfermedades oculares identificables. Los resultados mostraron que la FSC de niños de 4, 5, 6 y 7 años mejora significativamente con la edad, y que la FSC de niños de 7 años es más baja que la de adultos jóvenes. Estos resultados sugieren que el desarrollo de la percepción visual de contraste para estímulos de onda senoidal aumenta gradualmente, prolongándose después de los 7 años.

Palabras-clave: sensibilidad al contraste, desarrollo visual, método de la elección forzada.

¹ Apoio CNPq e Universidade Federal da Paraíba-UFPB.

^{*} Professor Adjunto do Departamento de Psicologia da Universidade Federal da Paraíba-UFPB, Bolsista de Produtividade do CNPq.

[#] Graduanda em Psicologia pela Universidade Federal da Paraíba-UFPB bolsista de IC/PIBIC/UFPB/CNPq.

PERCEPÇÃO VISUAL: SENSIBILIDADE AO CONTRASTE

A função de sensibilidade ao contraste (FSC) é uma medida clássica que permite descrever mecanismos relacionados ao processamento visual de objetos em níveis diferentes de contraste. Além de ser um dos principais indicadores da percepção visual, ela fornece uma das descrições mais completas do sistema visual (Adams & Courage, 2002; Wilson, Levi, Maffei, Rovamo & De Valois, 1990). A sensibilidade ao contraste é definida como a recíproca do limiar de contraste (1/FSC). Limiar de contraste pode ser definido como a quantidade mínima de contraste necessária para detectar um objeto qualquer (por exemplo, uma grade) de uma determinada frequência espacial. Frequência espacial é o número de ciclos (listras claras e escuras) por unidade de espaço, que em percepção visual da forma foram convencionalmente denominados *ciclos por grau de ângulo visual* (cpg). O contraste é definido pela relação entre a diferença da luminância máxima e luminância mínima dividida pela soma das duas.

Outra característica importante da FSC advém do fato de que a sua forma muda em função das condições visualizadas, do nível de desenvolvimento e de alterações patológicas no sistema visual, o que permite fortes inferências sobre mecanismos fisiológicos básicos (Akutsu & Legge, 1995; Benedek, Benedek, Kéri & Janáky, 2003; Elliott & Situ, 1998; Slaghuis & Thompson, 2003; Suttle & Turner, 2004). Neste contexto, a FSC se tornou um elemento importante na análise clínica e teórica de estruturas da visão (Adams & Courage, 2002; Montés-Micó & Ferrer-Blasco, 2001). Ela tem sido utilizada para: (i) estudar alterações relacionadas ao processo de envelhecimento humano (Owsley, Sekuler & Siemsen, 1983; Santos, Simas & Nogueira, 2003, 2004); (ii) caracterizar mecanismos putativos sintonizados para frequências espaciais (De Valois & De Valois, 1988; Santos & Simas, 2001, 2002; Santos & cols., 2003; Simas & Santos, 2002) e (iii) avaliar prejuízos na percepção visual da forma provocados por doenças, como, por exemplo, esquizofrenia (Slaghuis & Thompson, 2003), síndrome de Down (Suttle & Turner, 2004), esclerose múltipla (Regan, Silver & Murray, 1977), ambliopia (Polat, Sagi & Norcia, 1997), catarata (Elliott & Situ, 1998) e doenças de Alzheimer e de Parkinson (Akutsu & Legge, 1995; Bour & Apkarian, 1996; Elliott & Situ, 1998; Polat e cols., 1997; Ross, Bron & Clarke, 1984; Vleugels, Van Nunen, Lafosse, Ketelaer & Vandenbussche, 1998), dentre outras.

SENSIBILIDADE AO CONTRASTE E DESENVOLVIMENTO VISUAL DA CRIANÇA

Trabalhos realizados ao longo das últimas décadas com bebês e com técnicas diferentes, principalmente potencial visual evocado e olhar preferencial, apontaram vários achados importantes relacionando FSC e desenvolvimento visual (Allen, Tyler & Norcia, 1996; Atkinson, Braddick & Braddick, 1974; Atkinson, Braddick & Moar, 1977; Cannon JR, 1983; Norcia & Tyler, 1985; Peterzell, Werner & Kaplan, 1995). A maioria desses estudos destaca que a FSC é muito pobre ao nascimento, melhorando rapidamente durante os seis primeiros meses (Allen & cols., 1996; Atkinson & cols., 1977; Bradley & Freeman, 1982; Kelly, Borchert & Teller, 1997; Peterzell & cols., 1995). Contudo, o processo de desenvolvimento da FSC se estende além dos primeiros anos (Allen & cols., 1996; Atkinson & cols., 1974; Cannon JR, 1983; Norcia & Tyler, 1985; Peterzell & cols., 1995), o que proporcionou a realização de estudos tentando determinar a duração do desenvolvimento e o período em que o sistema visual da criança atinge o desempenho do adulto (Adams & Courage, 2002; Arundale, 1978; Bradley & Freeman, 1982; Benedek & cols., 2003; Elleberg, Lewis, Liu, & Maurer, 1999). Entretanto, estes pesquisadores ainda não chegaram a um consenso. Por exemplo, Bradley e Freeman (1982) mensuraram a FSC para crianças de 2 a 16 anos com o método da escolha forçada. Os autores relataram que a sensibilidade ao contraste aumenta até por volta dos 8 anos.

Por sua vez, Elleberg e cols. (1999) mediram a FSC para crianças de 4, 5, 6 e 7 anos e adultos com o método psicofísico dos limites. Os autores não encontraram diferenças significativas na FSC entre crianças de 7 anos e adultos.

Por outro lado, Adams e Courage (2002) estimaram a FCS de infantes (1, 3, 6 e 12 meses), crianças (2, 3, 4 e 9 anos) e adultos utilizando um procedimento psicofísico com frequências espaciais impressas em cartões. Os resultados demonstraram desempenhos semelhantes entre crianças de 9 anos e adultos.

Finalmente, Benedek e cols. (2003) mensuraram a FSC de crianças e adolescentes entre 5 e 15 anos com o método psicofísico do ajuste. Os dados mostraram que as crianças só atingiram a sensibilidade ao contraste do adulto por volta dos 11 a 12 anos. Assim, podemos observar que não existe um consenso sobre a idade em que a FSC da criança atinge a configuração do adulto.

O PRESENTE ESTUDO

Este estudo dá continuidade aos experimentos que procuram caracterizar a FSC de crianças acima dos quatro anos. As principais premissas para estudos desta natureza estão relacionadas: (i) à necessidade de especificar que tipo de estímulos ou frequências espaciais uma criança em determinada idade pode detectar; (ii) à necessidade de acompanhar e descrever o desenvolvimento de mecanismos sensoriais básicos da percepção visual; e (iii) à necessidade de testar e aperfeiçoar técnica psicofísica capaz de caracterizar e acompanhar a resposta do sistema visual com e sem patologias. Neste sentido, partindo do pressuposto que a FSC melhora gradativamente com a idade e que os estudos são divergentes quanto ao período de desenvolvimento, o presente estudo teve como objetivo mensurar com o método psicofísico da escolha forçada a FSC de crianças de 4, 5, 6 e 7 anos, além de adultos jovens em níveis baixos de luminância e com grade senoidal vertical.

MÉTODO

Participantes

Participaram do estudo 25 voluntários, entre crianças e adultos de ambos os sexos. Os mesmos foram divididos em cinco grupos com cinco participantes [4 anos ($M=4,3$ anos; $DP=3$ meses), 5 anos ($M=5,4$ anos; $DP=3$ meses), 6 anos ($M=6,4$ anos; $DP=2$ meses), 7 anos ($M=7,4$ anos; $DP=3$ meses) e adultos jovens ($M=21,3$ anos; $DP=14$ meses)]. Os símbolos M e DP representam a idade média (ano, mês) e desvio-padrão (mês) de cada grupo, respectivamente. Todos apresentavam acuidade visual normal ou corrigida e não tinham história de patologia ocular ou neurológica. A participação das crianças e dos adultos ocorreu mediante assinatura de termo de consentimento livre e esclarecido pelos responsáveis e conforme a Resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (Ministério da Saúde), que trata das diretrizes e normas de pesquisas envolvendo seres humanos. Projeto cadastrado na Comissão Nacional de Ética em Pesquisa do Ministério da Saúde (CONEP/MS-064608) e aprovado pelo Comitê de Ética local.

Equipamentos e estímulos

Os estímulos foram gerados em um monitor de vídeo CLINTON MEDICAL monocromático de 21 polegadas, digital e de alta resolução, controlado por um microcomputador. Uma cadeira foi fixada a 150cm

da tela do monitor de vídeo. A luminância média foi de $0,7\text{cd/m}^2$ ajustada por um fotômetro do tipo SPOT METTER, com precisão de um grau, ASAHI PENTAX. A luminância mínima foi de $0,5\text{cd/m}^2$ e a máxima, de $0,9\text{cd/m}^2$. O ambiente do laboratório era cinza, para melhor controle da luminância.

Foram utilizados estímulos do tipo grade senoidal vertical com frequências espaciais de 0,25; 0,5; 1 e 2 ciclos por grau de ângulo visual, cpg. Estes eram circulares com um diâmetro de 7 graus de ângulo visual a 150cm de distância da tela e foram gerados em tons de cinza e apresentados em tempo real no monitor (Figura 1).

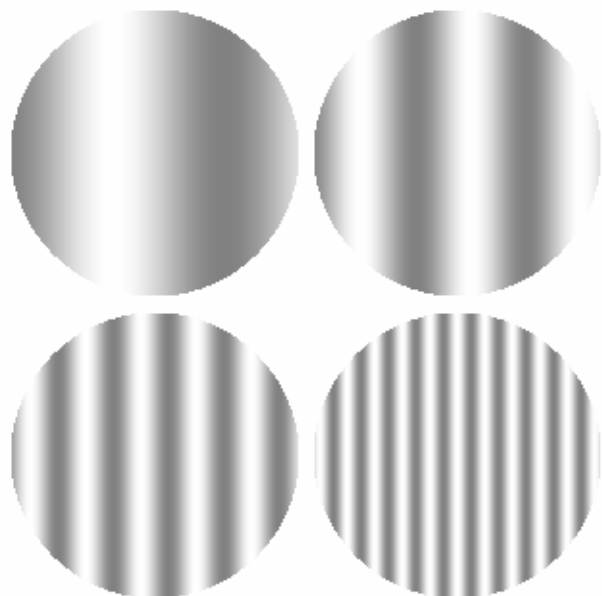


Figura 1. Exemplos de Estímulos de Frequências Espaciais (Acima, da Esquerda para a Direita, 0,25 e 0,5 cpg e Embaixo, da Esquerda para Direita, 1 e 2 cpg). Estímulos Originalmente Calibrados para Serem vistos a 150 cm de Distância

Procedimento

As estimativas foram realizadas com o método psicofísico da escolha forçada (Simas & Santos, 2002; Santos & cols., 2003, 2004, 2005; Wetherill & Levitt, 1965). Este método se baseia no cálculo da probabilidade de acertos consecutivos por parte do participante, ou seja, em cerca de 100 apresentações de escolhas entre os dois estímulos, a frequência espacial (estímulo de teste) é percebida 79% das vezes pelo voluntário. O procedimento para medir o limiar para cada frequência consistiu na apresentação sucessiva simples do par de estímulos, tendo o participante que escolher dentre eles qual continha a

frequência espacial. O outro estímulo (estímulo neutro) foi sempre um padrão homogêneo, com luminância média de $0,7 \text{ cd/m}^2$. O critério adotado para variar o contraste de cada frequência espacial testada foi o de três acertos consecutivos para decrescer uma unidade e um erro para crescer da mesma unidade (0,08%).

Durante cada sessão experimental foi apresentada uma sequência de estímulos iniciada com um sinal sonoro acompanhado imediatamente pela apresentação do primeiro estímulo por 2 s, seguido de um intervalo entre estímulos de 1 s e pela apresentação do segundo estímulo por 2 s e da resposta do participante. A ordem de apresentação dos estímulos era aleatória. Se a resposta do voluntário fosse correta, era seguida por outro sinal sonoro e um intervalo de 3 s para a sequência se repetir. O sinal sonoro que indicava o início da apresentação do par de estímulos e o que indicava a escolha correta eram diferentes. A sessão experimental variava em duração, dependendo dos erros e acertos do participante, até proporcionar um total de cinco reversões, conforme se requer para seu final automático.

Cada um dos pontos (ou frequências) da curva de limiar de contraste foi estimado pelo menos duas vezes (duas sessões experimentais), em dias diferentes, por cada um dos participantes. Em média, dez curvas foram medidas para cada grupo de voluntários, totalizando 40 sessões experimentais. Todas as estimativas foram medidas à distância de 150cm, com visão binocular.

Os participantes foram instruídos a pressionar o botão do lado esquerdo do *mouse* quando a frequência espacial era apresentada primeiro e o botão do lado direito quando era apresentada em segundo lugar, isto é, após o estímulo neutro. Os experimentos só começaram quando o experimentador se certificou de que a criança havia entendido e respondido conforme as instruções.

RESULTADOS

A Figura 2 mostra a FSC (função de sensibilidade ao contraste) média para cada uma das cinco faixas etárias (crianças de 4, 5, 6 e 7 anos e adultos). Os limiares de contraste são apresentados em função da frequência espacial. A sensibilidade ao contraste (FSC) é o inverso do limiar de contraste ($1/\text{FSC}$). Em outras palavras, quanto menor o limiar de contraste, maior a sensibilidade do SVH, e vice-versa. Assim, os menores valores de limiares correspondem aos maiores valores de sensibilidade ao contraste.

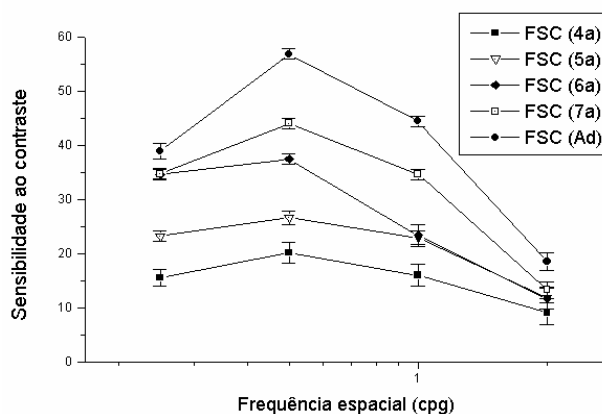


Figura 2. Funções de Sensibilidade ao Contraste de Crianças de 4, 5, 6 e 7 Anos e Adultos Para Frequências Espaciais. As Linhas Verticais Mostram o Erro Padrão da Média para Cada Frequência (0,25; 0,5; 1 e 2 cp/g)

A sensibilidade máxima ocorreu na frequência espacial de 0,5cp/g para todas as idades (Figura 2). Entretanto, a sensibilidade das crianças de 4 anos na frequência de 0,5cp/g foi da ordem de 1,3 vezes menor do que a das crianças de 5 anos. Já a sensibilidade das crianças de 5 anos foi da ordem de 1,4 vezes menor do que a das crianças de 6 anos, a qual, por sua vez, foi da ordem de 1,2 vezes menor do que a das crianças de 7 anos. Já para as crianças de 7 anos, a sensibilidade ao contraste na frequência de 0,5cp/g foi da ordem de 1,3 vezes menor do que a dos adultos.

A comparação da idade *com* frequências espaciais através da ANOVA permitiu observar efeito principal significativo de idade, $F_{(4, 1787)} = 69,68$ ($P < 0,001$), um efeito principal significativo de frequência espacial, $F_{(19, 1787)} = 98,75$ ($P < 0,001$), e uma interação significativa de idade com a frequência espacial, $F_{(76, 1787)} = 56,14$ ($10 < 0,001$). O teste HSD de Tukey foi usado para comparações *post hoc*. A análise mostrou diferenças significativas entre todas as idades: 4 e 5 anos ($p < 0,001$), 6 e 7 anos ($p < 0,001$) e entre 7 anos e adultos ($p < 0,001$); exceto entre 5 e 6 anos ($p < 0,134$). No geral, estes resultados mostram que a FSC melhora gradativamente e de forma significativa com o aumento da idade. Os resultados mostram ainda que a FSC das crianças de 7 anos é estatisticamente diferente da FSC dos adultos; isto é, a sensibilidade ao contraste das crianças de 7 anos ainda não atingiu a maturação dos adultos.

DISCUSSÃO

Este trabalho focaliza duas questões básicas relacionadas ao estudo da percepção visual da forma em crianças. A primeira mensura a FSC de crianças

com o método psicofísico da escolha forçada e procura definir a partir de que idade é confiável utilizar este método. A segunda investiga o perfil da FSC em crianças jovens, procurando determinar o período em que o sistema visual da criança atinge o desempenho do adulto em nível baixo de luminância.

Mensuração da FSC de crianças com o método psicofísico da escolha forçada

Os nossos resultados mostram que o método psicofísico da escolha forçada pode ser utilizado de forma confiável para mensurar a FSC de crianças a partir dos 4 anos (Figura 2). A curva de sensibilidade das crianças de 4 anos é consistente, uma vez que ela apresenta um perfil geral muito semelhante às curvas de sensibilidade de crianças de 5, 6 e 7 anos e adultos. A diferença entre a FSC de crianças de 4 anos e a das outras idades pode ser relacionada ao domínio da sensibilidade ao contraste, que aumenta gradativamente com o aumento da idade. Por outro lado, não conseguimos mensurar a FSC para crianças com menos de 4 anos (testamos três crianças com idades entre 4 e 48 meses). Estas crianças perderam o interesse pela tarefa muito facilmente. É possível relacionar a falta de interesse a processos cognitivos como, por exemplo, atenção (Benedek & cols., 2003; Ellemberg & cols., 1999). Em 1982, Bradley e Freeman relataram que é possível mensurar a FSC de crianças com o método psicofísico da escolha forçada a partir dos 3,5 anos. Entretanto, esses autores utilizaram aparatos diferentes para apresentar os estímulos e o procedimento. Por exemplo, no presente estudo, os estímulos foram apresentados em níveis baixos de luminância um após o outro, em apresentação sucessiva simples, e a criança precisava pressionar o botão esquerdo ou direito do *mouse* durante a emissão da resposta, enquanto no estudo de Bradley e Freeman (1982), os estímulos foram apresentados em níveis altos de luminância à direita ou à esquerda de uma tela dividida ao meio. A criança precisava apenas olhar ou apontar a metade que continha a grade. Estes aspectos podem explicar por que esses autores conseguiram mensurar a FSC a partir dos 3,5 anos, enquanto só conseguimos mensurar a FSC para crianças a partir de quatro anos.

O perfil e o desempenho da FSC em crianças jovens e adultos

A nossa outra proposta foi caracterizar a resposta do sistema visual de crianças de 4, 5, 6 e 7 anos para grade senoidal vertical em níveis baixos de luminância, utilizando o método psicofísico da escolha forçada (Figura 2). Nas condições metodológicas utilizadas em

nossos experimentos observamos diferenças significantes entre todas as idades, exceto aquelas entre 5 e 6 anos (ver Figura 2). Isto significa que a sensibilidade ao contraste (FSC) para grade senoidal vertical em níveis baixos de contraste melhora gradativamente com o aumento da idade. Aumento na sensibilidade ao contraste relacionado ao desenvolvimento já era esperado, pois vários estudos relataram dados nesta direção com métodos psicofísicos diferentes (Adams & Courage, 2002; Arundale, 1978; Bradley & Freeman, 1982; G. Benedek e cols., 2003; Ellemberg e cols. 1999).

Nossos resultados mostram ainda que o desempenho das crianças de 4, 5, 6 e 7 anos é estatisticamente diferente do desempenho de adultos em todas as frequências estudadas (0,25; 0,5; 1 e 2cpG; $p < 0,001$). Isto é, as crianças de 7 anos foram as que mais se aproximaram do desempenho dos adultos mas ainda assim, elas precisaram, em média, da ordem 1,1; 1,3; 1,3 e 1,4 vezes mais contraste do que os adultos para detectar as frequências de 0,25; 0,5; 1 e 2cpG, respectivamente. As diferenças foram maiores nas frequências mais altas (Figura 2). Estes achados são diferentes daqueles apresentados na literatura, que não encontraram diferenças entre crianças de 7 a 8 anos e adultos (Bradley & Freeman, 1982; Ellemberg & cols. 1999). Entretanto, estes estudos utilizaram condições de visualização e métodos psicofísicos distintas. Embora os métodos psicofísicos até então utilizados para mensurar a FSC de crianças tenham sido bem-sucedidos, eles não geraram resultados totalmente semelhantes, pois existem, dentre outros aspectos, dificuldades com a variabilidade na estimação da sensibilidade ao contraste (Billock & Harding, 1996). Além do mais, entende-se que qualquer método simples pode ter limitações, até porque depende de interações espaço-temporais que são diferentes em cada caso (Benedek & cols., 2003; Ellemberg & cols., 1999). Estes fatores podem justificar a falta de consenso quanto ao processo de maturação da FSC ou ao período em que a criança atinge o desempenho do adulto na maioria das pesquisas.

Outra diferença básica entre o nosso estudo e a maioria dos outros trabalhos encontrados na literatura (Adams & Courage, 2002; Bradley & Freeman, 1982; Ellemberg e cols., 1999) é que estes utilizaram níveis altos de luminância, ao passo que nós utilizamos níveis baixos. A luminância é importante porque a FSC depende das condições de visualização. Por exemplo, os nossos resultados com luminância baixa ($0,7 \text{ cd/m}^2$), comparados aos dados encontrados na literatura

com luminância média acima de 9 cd/m² (Adams & Courage, 2002; Bradley & Freeman, 1982; Elleberg e cols., 1999), mostram que a utilização de luminância baixa desloca a zona de máxima sensibilidade para a esquerda da FSC (i.e, para a frequência de 0,5cpg). No entanto, em níveis de luminância alta, a faixa de máxima sensibilidade ocorre por volta de 3,0 a 5,0cpg (Adams & Courage, 2002; Bradley & Freeman, 1982; Elleberg & cols., 1999). Além disto, em níveis baixos de luminância, o SVH possivelmente não detecta frequências espaciais acima de 2,4cpg (Benedek & cols., 2003). Por isto, é que este trabalho se limitou a investigar frequências espaciais entre 0,25 e 2,0cpg. O deslocamento da sensibilidade máxima para frequências mais baixas (por exemplo, 0,5cpg) pode estar relacionado ao funcionamento da via visual magnocelular, que é especializada no processamento de frequências espaciais baixas em níveis baixos de luminância (Benedek & cols., 2003; Elleberg & cols., 1999). Em outras palavras, o processamento visual da forma e contraste envolve pelo menos dois sistemas: a via visual parvocelular, que é especializada no processamento de frequências espaciais médias e altas ou detalhes finos e opera em níveis altos ou fotópicos de luminância, e a via visual magnocelular, que é especializada no processamento de frequências espaciais baixas e opera em níveis baixos ou escotópicos de luminância (Benedek & cols., 2003; Elleberg & cols., 1999). Neste contexto, os nossos resultados reforçam a hipótese de Benedek e colaboradores de que o processo de maturação da FSC é mais lento em nível escotópico do que em nível fotópico. Outras informações quanto à influência neuronal no desenvolvimento da FSC podem ser encontradas na literatura (Elleberg, Lewis, Maurer & Brent, 2000; Hickey, 1977; Kiorpes & Movshon, 1998; Yuodelis & Hendrickson, 1986; Banks & Bennett, 1988; Brown, Dobson & Maier, 1987; Wilson, 1988; Van Sluyters, Atkinson, Held, Hoffman & Schatz, 1990). Inclusive, esses estudos mostram que a maturação da FSC parece diretamente relacionada ao desenvolvimento morfológico e neurofisiológico, que segue uma escala de tempo contínua e específica, durante a qual o sistema nervoso se organiza e se estrutura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os nossos achados são consistentes com a hipótese de que a caracterização da FSC deve levar em consideração as condições de apresentação e

visualização dos estímulos e o método psicofísico utilizado (Billock & Harding, 1996; Georgeson & Sullivan, 1975; Wilson & Wilkinson, 1997), principalmente quando se visa: (i) especificar que tipo de objeto (ou estímulo) uma criança de determinada idade pode detectar; (ii) descrever o desenvolvimento e funcionamento de mecanismos neurofisiológicos básicos relacionados às funções visuais ou, ainda, determinar parâmetros para pesquisa teórica e clínica. É nesta perspectiva que prosseguiremos com as nossas investigações.

REFERÊNCIAS

- Adams, R. J. & Courage, M. L. (2002). Using a single test to measure human contrast sensitivity from early childhood to maturity. *Vision Research*, 42, 1205-1210.
- Akutsu, H. & Legge, G. E. (1995). Discrimination of compound gratings: Spatial-frequency channels or local features? *Vision Research*, 35, 2685-2695.
- Allen, D., Tyler, C. W. & Norcia, A. M. (1996). Development of grating acuity and contrast sensitivity in the central and peripheral visual field of the human infant. *Vision Research*, 36(13), 1945-1953.
- Arundale, K. (1978). An investigation into the variation of human contrast sensitivity with age and ocular pathology. *British Journal of Ophthalmology*, 62, 213-215.
- Atkinson, J., Braddick, O. & Braddick, F. (1974). Acuity and contrast sensitivity of infant vision. *Nature*, 247, 403-404.
- Atkinson, J., Braddick, O. & Moar, K. (1977). Contrast sensitivity of the human infant for moving and static patterns. *Vision Research*, 17, 1045-1047.
- Banks, M. S. & Bennett, P. J. (1988). Optical and photoreceptor immaturities limit the spatial and chromatic vision of human neonates. *Journal of the Optical Society of America A*, 5, 2059-2079.
- Benedek, G., Benedek, K., Kéri, S. & Janáky, M. (2003). The scotopic low-frequency spatial contrast sensitivity develops in children between the ages of 5 and 14 years. *Neuroscience Letters*, 345, 161-164.
- Billock, V. & Harding, T. (1996). Evidence of spatial and temporal channels in the correlational structure of human spatialtemporal contrast sensitivity. *Journal of Physiology*, 490(2), 509-517.
- Bour, L. J. & Apkarian, P. (1996). Selective broad-band spatial frequency loss in contrast sensitivity functions. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 37(12), 2475-2484.
- Bradley, A. & Freeman, R. D. (1982). Contrast sensitivity in children. *Vision Research*, 22, 953-959.
- Brown, A. M., Dobson, V. & Maier, J. (1987). Visual acuity of human infants at scotopic, mesopic, and photopic luminances. *Vision Research*, 27, 1845-1858.
- Cannon JR, M. W. (1983). Contrast sensitivity: Psychophysical and evoked potential methods compared. *Vision Research*, 23, 87-95.

- De Valois, R. L. & De Valois, K. K. (1988). *Spatial Vision*. New York: Oxford University.
- Elleberg, D., Lewis, T. L., Liu, C. H. & Maurer, D. (1999). Development of spatial and temporal vision during childhood. *Vision Research*, 39, 2325-2333.
- Elleberg, D., Lewis, T. L., Maurer, D. & Brent, H. P. (2000). Influence of monocular deprivation during infancy on the later development of spatial and temporal vision. *Vision Research*, 40, 3283-3295.
- Elliott, D. B. & Situ, P. (1998). Visual acuity versus letter contrast sensitivity in early cataract. *Vision Research*, 38, 2047-2052.
- Georgeson, M. A. & Sullivan, G. D. (1975). Contrast Constancy: Deblurring in human vision by spatial frequency channels. *Journal of Physiology*, 252, 627-656.
- Hickey, T. L. (1977). Postnatal development of the human lateral geniculate nucleus: Relationship to a critical period for the visual system. *Science*, 198, 836-838.
- Kelly, J. P., Borchert, K. & Teller, D. Y. (1997). The development of chromatic and achromatic contrast sensitivity in infancy as tested with the sweep VEP. *Vision Research*, 37(15), 2057-2072.
- Kiorpes, L. & Movshon, J. A. (1998). Peripheral and central factors limiting the development of contrast sensitivity in macaque monkeys. *Vision Research*, 38, 61-70.
- Montés-Micó, R. & Ferrer-Blasco, T. (2001). Contrast sensitivity function in children: Normalized notation for the assessment and diagnosis of diseases. *Documenta Ophthalmologica*, 103, 175-186.
- Norcia, A. M. & Tyler, C. W. (1985). Spatial frequency sweep VEP: Visual acuity during the first year of life. *Vision Research*, 25, 1399-1408.
- Owsley, C., Sekuler, R. & Siemsen, D. (1983). Contrast sensitivity throughout adulthood. *Vision Research*, 23, 689-699.
- Peterzell, D. H., Werner, J. & Kaplan, P. S. (1995). Individual differences in contrast sensitivity functions: Longitudinal study of 4-, 6- and 8-month-old human infants. *Vision Research*, 35(7), 961-979.
- Polat, U., Sagi, D. & Norcia, A. M. (1997). Abnormal long-range spatial interactions in amblyopia. *Vision Research*, 37, 737-744.
- Regan, D., Silver, R. & Murray, T. J. (1977). Visual acuity and contrast sensitivity in multiple sclerosis-hidden visual class. *Brain*, 100, 563-579.
- Ross, J. E., Bron, A. J. & Clarke, D. D. (1984). Contrast sensitivity and visual disability in chronic simple glaucoma. *British Journal of Ophthalmology*, 68(11), 821-827.
- Santos, N. A. & Simas, M. L. B. (2001). Percepção e processamento visual da forma: discutindo modelos teóricos atuais. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 14(1), 157-166.
- Santos, N. A. & Simas, M. L. B. (2002). Percepção e processamento visual da forma em humanos: filtros de frequências radiais de 1 e 4 cpg. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 15(2), 383-391.
- Santos, N. A., Simas, M. L. B. & Nogueira, R. M. T. B. L. (2003). Processamento visual da forma em idosos: curvas de limiar de contraste para frequências angulares e senoidais. *Psicologia: Reflexão e Crítica*, 16(2), 271-277.
- Santos, N. A., Simas, M. L. B. & Nogueira, R. M. T. B. L. (2004). Comparison of angular frequency contrast sensitivity in young and older adults. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 37, 375-378.
- Santos, N. A., Nogueira, R. M. T. B. L. & Simas, M. L. B. (2005). Processamento visual da forma: evidências para canais múltiplos de frequências angulares em humanos. *Psicologia Reflexão e Crítica*, 18(1), 98-103.
- Simas, M. L. B. & Santos, N. A. (2002). Narrow-band 1, 2, 3, 4, 8, 16 and 24 cycles/360° angular frequency filters. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 35, 243-253.
- Slaghuis, W. L. & Thompson, A. K. (2003). The effect of peripheral visual motion on focal contrast sensitivity in positive- and negative-symptom schizophrenia. *Neuropsychologia*, 41, 968-980.
- Suttle, C. M. & Turner, A. M. (2004). Transient pattern visual evoked potentials in children with Down's syndrome. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 24, 91-99.
- Van Sluyters, R. C., Atkinson, M. S., Held, R. M., Hoffman, K. & Shatz, C. J. (1990). The development of vision and visual perception. In S. W. Spillmann & J. S. Werner (Eds.), *The Neurophysiological Foundations* (pp. 349-379). New York: Academic.
- Vleugels, L., Van Nunen, A., Lafosse, C., Ketelaer, P. & Vandenbussche, E. (1998). Temporal and spatial resolution in foveal vision of multiple sclerosis patients. *Vision Research*, 38, 2987-2997.
- Wetherill, G. B. & Levitt, H. (1965). Sequential estimation of points on a psychometric function. *The British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 48, 1-10.
- Wilson, H. R. (1988). Development of spatiotemporal mechanisms in infant vision. *Vision Research*, 28, 611-628.
- Wilson, H. R., Levi, D., Maffei, L., Rovamo, J. & De Valois, R. (1990). The perception of form: Retina to striate cortex. In S. W. Spillmann & J. S. Werner (Eds.), *Visual Perception: The Neurophysiological Foundation* (pp. 231-271). New York: Academic.
- Wilson, H. R. & Wilkinson, F. (1997). Evolving concepts of spatial channels in vision: From independence to nonlinear interactions. *Perception*, 26, 939-960.
- Yuodelis, C. & Hendrickson, A. (1986). A qualitative and quantitative analysis of the human fovea during development. *Vision Research*, 26(6), 847-855.

Recebido em 06/10/2005

Aceito em 18/05/2006

Endereço para correspondência: Natanael Antonio dos Santos, Laboratório de Processamento Visual Humano (LabPVis-UFPB) Depto. de Psicologia, CCHLA - UFPB. Campus I, Cidade Universitária, CEP 58051-900, João Pessoa - PB, Brasil. E-mail: natanael.santos@pesquisador.cnpq.br