

Sensibilidade ao contraste mesópica de crianças surdas para estímulos radiais e grades senoidais

Natanael Antonio Santos
Jandilson Avelino da Silva
Caroline Costa Gomes Alencar

*Laboratório de Percepção, Neurociências e Comportamento (LPNeC)
Universidade Federal da Paraíba
João Pessoa, PB, Brasil*

Liana Chaves Mendes

*Universidade Federal de Pernambuco
Recife, PE, Brasil*

Renata Maria Toscano Barreto Lyra Nogueira

*Universidade de São Paulo
São Paulo, SP, Brasil*

RESUMO

O objetivo deste estudo foi medir e comparar as curvas de sensibilidade ao contraste mesópicas para estímulos radiais (FSCr) e grades senoidais (FSC) de 0,25; 0,5; 1 e 2 cpg em crianças surdas de 7 a 12 anos. Mensuramos limiares de contraste para 10 crianças, utilizando o método psicofísico da escolha forçada e luminância média de 0,7 cd/m². Todos os participantes estavam livres de doenças oculares e apresentavam acuidade visual normal. Os resultados mostraram que a sensibilidade das crianças surdas foi maior para grades senoidais (FSC) do que para estímulos radiais (FSCr). Estes resultados sugerem que os dois estímulos podem ser processados por áreas visuais corticais distintas.

Palavras-chave: Percepção visual; sensibilidade ao contraste; crianças surdas; frequência radial e espacial; método da escolha forçada.

ABSTRACT

Mesopic contrast sensitivity of deaf children for radial and sine-wave grating stimuli

The aim of this work was to measure and compare mesopic contrast sensitivity curves for radial (rCSF) and sine-wave gratings (CSF) stimuli of 0.25, 0.5, 1 and 2 cpd in deaf children between the ages of 7 to 12 years. We measured the contrast thresholds of 10 children using the psychophysical forced-choice method and mean luminance of 0.7 cd/m². All participants were free of ocular diseases and had normal acuity. The results showed that contrast sensitivity of the deaf children was higher for sine-wave gratings (CSF) than radial stimuli (rCSF). These results suggest that these two stimuli can be processed by different visual cortical areas.

Keywords: Visual perception; contrast sensitivity; deaf children; radial and spatial frequency; forced-choice method.

RESUMEN

La sensibilidad al contraste mesópica de los niños sordos para estímulos radiales y rejillas sinusoidales

El objetivo de este estudio fue medir y comparar las curvas de sensibilidad al contraste mesópicas para estímulos radiales (FSCr) y rejillas sinusoidales (FSC) de 0,25; 0,5; 1 y 2 cpg en niños sordos de 7 a 12 años. Medimos los umbrales de contraste en 10 niños, con el método psicofísico de la elección forzada y la luminancia media de 0,7 cd/m². Todos los participantes estaban libres de enfermedades oculares y presentaban acuidad visual normal. Los resultados mostraron que la sensibilidad de los niños sordos fue mayor para frecuencias espaciales (FSC) que para los estímulos radiales (FSCr). Estos resultados sugieren que los estímulos pueden ser procesados en distintas áreas corticales visuales.

Palabras clave: Percepción visual; sensibilidad al contraste; niños sordos; frecuencia radial y espacial; método de la elección forzada.

CURVA DE SENSIBILIDADE AO CONTRASTE

A sensibilidade ao contraste é uma medida clássica definida como a recíproca da quantidade mínima de contraste necessária para detectar um padrão qualquer (p.ex., uma grade senoidal) de uma determinada frequência espacial (Cornsweet, 1970). Na medição da sensibilidade ou limiar de contraste, procura-se estabelecer experimentalmente o valor mínimo de contraste (variável dependente) que o sistema visual humano (SVH) precisa para detectar um determinado estímulo ou frequência espacial (variável independente). Assim, o contraste para cada frequência espacial pode ser ajustado com um procedimento psicofísico até que o SVH possa discriminar um padrão de frequência espacial de outro com um campo homogêneo de luminância média. A sensibilidade ao contraste estima a visibilidade de qualquer objeto em função de sua frequência espacial. Frequência espacial é o número de ciclos ou variações senoidais de amplitudes máximas e mínimas de luminância por grau de ângulo visual (cpg). Já o contraste é a relação entre a diferença da luminância máxima e luminância mínima dividida pela soma das duas. O SVH possui alta sensibilidade quando um padrão precisa de pouco contraste para ser detectado. O inverso, baixa sensibilidade, quando o mesmo precisa de um valor alto de contraste para detectar o estímulo.

A função de sensibilidade ao contraste (FSC) foi introduzida na década de 40 (Schade, 1948; Selwyn, 1948), mas só começou a ser empregada para avaliar atributos sensoriais básicos da visão em crianças a partir da década de 70 (Atkinson, Braddick, O. e Braddick, F., 1974; Atkinson, Braddick e Moar, 1977). Desde então, estudos psicofísicos e eletrofisiológicos têm utilizado a FSC para descrever a resposta do SVH para estímulos elementares (Cannon Jr., 1983; Norcia, Tyler e Hamer, 1990; Peterzell, Werner e Kaplan, 1995).

Os principais achados indicam que a FSC de recém-nascidos é muito pobre ao nascimento, melhorando rapidamente durante os primeiros meses (Atkinson et al., 1974, 1977; Cannon Jr., 1983; Norcia et al., 1990; Peterzell et al., 1995). Já, os dados com crianças mostram que o processo de desenvolvimento da FSC se estende até a faixa etária dos 7 a 12 anos, quando a criança atinge o desempenho dos adultos (Adams e Courage, 2002; Benedek, G., Benedek, K., Kéri e Janáky, 2003; Bradley e Freeman, 1982; Cannon Jr., 1983; ElleMBERG, Lewis, Liu, e Maurer, 1999; Santos e França, 2008; Santos, França e Cruz, 2007; Santos, França, e Simas, 2007). Em linhas gerais, os estudos encontrados na literatura relatam que a sensibilidade ao contraste para grades senoidais e frequências

radiais melhora gradativamente com a idade e que a identificação do período de maturação do sistema visual da criança depende das condições de visualizações e do método psicofísico empregado.

SENSIBILIDADE AO CONTRASTE E SURDEZ

A FSC é um indicador da percepção visual e um dos principais instrumentos utilizados para avaliar e diagnosticar alterações nas vias visuais relacionadas a várias doenças, como por exemplo, depressão (Cavalcanti e Santos, 2005), intoxicação por mercúrio (Ventura et al., 2005), esquizofrenia (Slaghuis e Thompson, 2003), dentre outras. Contudo, poucas pesquisas têm utilizado a FSC para avaliar a plasticidade compensatória (compensatory plasticity) relacionada à surdez. Foi encontrado apenas um estudo (Finney e Dobkins, 2001) que mediu a FSC de adultos surdos e adultos ouvintes. Porém, os resultados não indicaram alterações na sensibilidade ao contraste em função da surdez.

A plasticidade compensatória pode ser definida como a capacidade do cérebro de se reorganizar e se expandir, diante de privações sensoriais, para áreas normalmente ocupadas pelo processamento de informações do sistema sensorial privado (Rauschecker, 1995). As pesquisas que investigam a plasticidade compensatória visual associada à surdez geralmente utilizam tarefas visuais cognitivas e não são conclusivas. Pois, alguns estudos relatam que as pessoas surdas apresentam um aumento da atenção no campo visual periférico relacionado à privação auditiva (Bavelier, Dye e Hauser, 2006; Bavelier e Neville, 2002; Bosworth e Dobkins, 2002; Neville e Lawson, 1987; Proksch e Bavelier, 2002). Enquanto, outros mostram que os participantes surdos apresentam prejuízos em tarefas envolvendo busca visual e atenção quando comparados aos ouvintes (Erden, Otman e Tunay, 2004; Stivalet, Moreno, Richard, Barraud e Raphel, 1998).

O objetivo principal deste estudo foi determinar e comparar a sensibilidade ao contraste de crianças surdas de 7 a 12 anos para grades senoidais verticais (FSC) e estímulos radiais circularmente simétricos (FSCr) em condições mesópicas de luminância ($0,7 \text{ cd/m}^2$). Entende-se por luminância mesópica, a luminância que varia aproximadamente entre $0,003$ a 3 cd/m^2 e que provavelmente ativa tanto os cones como os bastonetes (Ketomäki, Eloholma, Orreveteläinen e Halonen, 2003). A idéia é investigar os mecanismos sensoriais envolvidos no processamento de padrões visuais radiais e grades senoidais em crianças surdas, pois estudos psicofísicos e neurofisiológicos sugerem que padrões visuais do tipo grade senoidal

são processados no córtex visual primário (área visual V1), enquanto padrões visuais radiais são processados por áreas visuais extraestriadas como V4 e córtex infero-temporal (IT). O pressuposto fundamental é que se o SVH apresentar FSC diferente para os dois padrões, pode ser indício que estes são processados por áreas ou mecanismos distintos. Estudos relacionando a FSC de crianças aos efeitos da surdez na plasticidade compensatória visual não foram encontrados na literatura.

MÉTODO

Participantes

Participaram dos experimentos 10 crianças surdas, de ambos os sexos, com idades entre 7 e 12 anos ($M=10,5$; $DP=1,8$). Todas as crianças apresentavam acuidade visual normal ou corrigida e não tinham histórico de patologia ocular. A acuidade visual foi medida com a cartela de optotipos "E" de Rasquin.

As crianças com perda auditiva apresentavam surdez bilateral pré-lingual (originada em um período que antecedeu a linguagem falada), de grau severo a profundo (perda auditiva ≥ 80 dB), sendo que oito apresentavam surdez congênita (cinco decorrente de causas desconhecidas e três de rubéola materna) e duas apresentavam surdez adquirida (uma decorrente de meningite e a outra do efeito de medicamentos). As crianças surdas sabiam LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais) e foram encaminhadas ao laboratório pelo o SUVAG (Sistema Universal Verbotonal da Audição Guberina) e pelo o CEPES (Centro de Educação Permanente para Surdos).

A participação na pesquisa ocorreu mediante a assinatura de um termo de consentimento livre e esclarecido pelos responsáveis, 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. Este estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Centro de Ciências da Saúde (CEP/CCS) da UFPB.

Equipamentos e estímulos

Os estímulos foram gerados em tons de cinza em um monitor de vídeo CLINTON MEDICAL monocromático de 21 polegadas controlado por um microcomputador. Uma cadeira foi fixada a 150 cm da tela do monitor de vídeo. A luminância média da tela de $0,7 \text{ cd/m}^2$ ajustada por um fotômetro SPOT METTER, com precisão de um grau, ASAHI PENTAX.

Foram utilizados estímulos de grades senoidais verticais e estímulos radiais com frequências de 0,25; 0,5; 1 e 2 cpg (ciclos por grau de ângulo visual). Estes eram circulares com um diâmetro de 7 graus de ângulo visual a 150 cm de distância da tela (Figura 1).

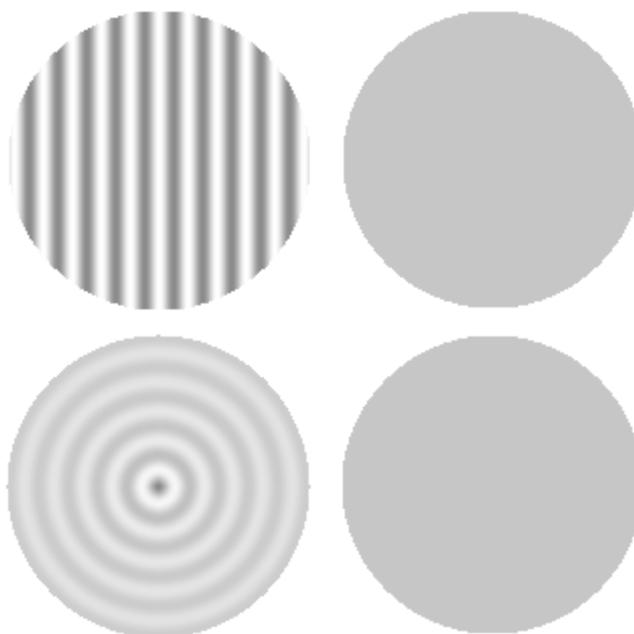


Figura 1 – Exemplos de pares de estímulos de frequência espacial, acima (à esquerda, grade senoidal de 2 cpg e à direita, o estímulo neutro) e embaixo (à esquerda, frequência radial de 2 cpg e à direita, o estímulo neutro). Estímulos originalmente calibrados para serem vistos a 150 cm de distância.

Procedimento

Utilizou-se um delineamento experimental com medidas repetidas como é peculiar às pesquisas em percepção visual com método psicofísico. Neste tipo de delineamento, os participantes passam por todas as condições (estímulos radial e grade senoidal) em momentos e ordens diferentes. O efeito da ordem foi controlado pela técnica de contrabalanceamento.

As medidas foram realizadas com o método psicofísico da escolha forçada (Santos e França, 2008; Santos, Oliveira, Nogueira e Simas, 2006; Wetherill e 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, o estímulo com a frequência é percebido 79% das vezes pelo voluntário. O procedimento para medir o limiar para cada frequência consistiu na apresentação sucessiva simples de pares 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 de $0,7 \text{ cd/m}^2$. O critério adotado para variar o contraste de cada frequência foi o de três acertos consecutivos para decrescer uma unidade e um erro para crescer a mesma unidade (0,08%).

Durante cada sessão experimental foi apresentada uma sequência de estímulos, onde cada estímulo era

apresentado por 2 s, seguido de um intervalo entre estímulos de 1 s e da resposta do participante após cada par de estímulos. A ordem de apresentação dos estímulos era aleatória. A sessão experimental variava em duração (média de 5 a 10 minutos) dependendo dos erros e acertos dos participantes até proporcionarem um total de seis reversões (três máximos e três mínimos) conforme requerido para o final automático da mesma.

Cada um dos pontos (0,25; 0,5; 1 e 2 cpg) da curva de limiar de contraste para frequência espacial (FSC) e frequência radial (FSCr) foi estimado pelo menos duas vezes (duas sessões experimentais), em dias diferentes, por cada um dos participantes. Em média, 20 curvas foram medidas para cada estímulo, totalizando 160 sessões experimentais, 80 para grades senoidais e 80 para frequências radiais.

Todas as medições foram realizadas a uma distância de 150 cm da tela do monitor, com visão binocular e pupila natural. 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 foi apresentado primeiro, e o botão direito do mouse (ou número 2) quando o estímulo de teste foi apresentado em segundo lugar. Os voluntários receberam a seguinte instrução: “será apresentada uma sequência de pares de estímulos, um com listras (ou círculos) claro-escuros e outro totalmente cinza. Você deverá escolher sempre o estímulo que contém as listras (ou os círculos), pressionando o botão do lado esquerdo (botão número 1) do mouse quando o estímulo com listras (ou círculos) for apresentado primeiro e, o botão do lado direito (botão número 2) quando este for apresentado em segundo lugar (após o estímulo cinza)”.

As sessões foram iniciadas com o contraste do estímulo teste em nível supralimiar e os experimentos só começaram quando o experimentador certificou-se que os participantes entenderam e responderam conforme as instruções. As instruções para os participantes surdos foram dadas em LIBRAS (Língua Brasileira de Sinais).

RESULTADOS

Os seis valores de contrastes máximos e mínimos obtidos para cada frequência foram agrupados em planilhas por frequência e por estímulos (grade senoidal ou radial) e a grande média foi utilizada como estimativa da sensibilidade ao contraste.

A Figura 2 mostra as curvas de sensibilidade ao contraste mesópicas de crianças surdas de 7 a 12 anos para frequências espaciais (FSC) e radiais (FSCr) de 0,25; 0,5; 1 e 2 cpg. A sensibilidade ao contraste (FSC)

é o inverso do limiar de contraste (1/FSC). Deste modo, quanto menor o limiar de contraste maior a sensibilidade do SVH e vice-versa. As frequências espaciais verticais e radiais são apresentadas nos gráficos em função da sensibilidade ao contraste do SVH. As barras verticais em cada uma das curvas indicam os erros padrões das médias.

Os resultados mostraram que a sensibilidade máxima das crianças surdas ocorreu em 0,5 cpg para as frequências espaciais (FSC) e em 0,25 cpg para as frequências radiais (FSCr), conforme pode ser observado na Figura 2. Os resultados demonstraram ainda que a sensibilidade ao contraste das crianças surdas foi em média 1,3; 1,6; 2,2 e 1,4 vezes menor para as frequências radiais do que para grades senoidais nas frequências de 0,25; 0,5; 1 e 2 cpg, respectivamente. Os valores médios para cada frequência foram encontrados dividindo o limiar de contraste (grande média) da frequência radial e pelo da grade senoidal. Observa-se que a menor diferença média de sensibilidade ao contraste entre os dois estímulos ocorreu em 0,25 cpg (média de 1,3 vezes). Já a maior diferença, entre os dois estímulos, ocorreu na frequência de 1 cpg (média de 2,2 vezes).

A ANOVA para medidas repetidas revelou diferenças significantes entre as curvas de sensibilidade das crianças surdas para frequências espaciais (FSC) e frequências radiais (FSCr); $F(1,278)=447,62$; $p<0,0001$). As análises com o teste Post-hoc Tukey HSD mostraram que os valores de sensibilidade ao contraste para frequências radiais foram menores do que para frequências espaciais ou grades senoidais em todas as frequências testadas ($p<0,0001$).

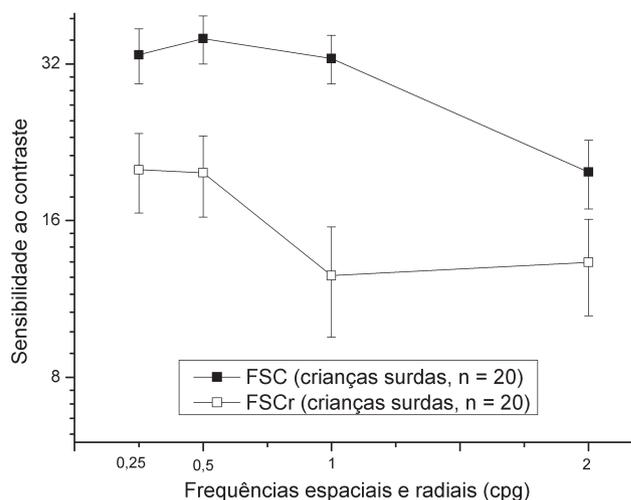


Figura 2 – Curvas de sensibilidade ao contraste para frequências espaciais (—■—) e radiais (—□—) de crianças surdas de 7 a 12 anos. O “n” representa o número de curvas medidas para cada estímulo. As linhas verticais mostram o erro padrão da média para cada frequência (0,25; 0,5; 1 e 2 cpg).

Em linhas gerais, os resultados mostram diferenças significantes entre a FSC e a FSCr, indicando que as crianças surdas são mais sensíveis para estímulos do tipo grade senoidal do que para estímulos radiais circularmente simétricos nas mesmas condições. Estes resultados são consistentes com a existência de mecanismos distintos envolvidos no processamento de grades senoidais verticais e padrões radiais simétricos circularmente concêntricos.

DISCUSSÃO

A proposta principal deste estudo foi determinar e comparar a sensibilidade ao contraste de crianças surdas de 7 a 12 anos para grade senoidal (FSC) e para frequência radial (FSCr), procurando estabelecer a faixa de máxima sensibilidade ao contraste para os dois estímulos e para qual deles o sistema visual de crianças surdas apresenta maior sensibilidade.

Os resultados mostram que as curvas de sensibilidade (FSC e FSCr) das crianças surdas apresentam perfis gerais semelhantes e com as mesmas tendências (isto é, cada estímulo apresenta faixas de baixa e alta sensibilidade ao contraste que varia em função das frequências testadas). Estes dados são consistentes uma vez que a FSC e a FSCr foram medidas com o mesmo grupo de crianças surdas e nas mesmas condições experimentais. O aspecto que sobressai é a diferença de contraste entre as curvas de FSC e FSCr que provavelmente pode ser relacionada ao domínio da sensibilidade do SVH que varia de acordo com as características físicas dos estímulos (este aspecto será discutido mais a frente).

Curvas de FSC e FSCr de crianças surdas e faixas de máxima sensibilidade ao contraste

Os resultados mostraram que a sensibilidade máxima de contraste em níveis mesópicos de luminâncias ocorreu na faixa de frequência de 0,5 cpg para grades senoidais e em 0,25 cpg para estímulos radiais. Estes resultados já eram esperados, pois estudos com adultos normais e níveis de luminância fotópica mostram que a faixa de máxima sensibilidade para grades senoidais e estímulos radiais ocorrem em zonas de frequências diferentes, por volta de 3-5 cpg para frequência espacial (Adams e Courage, 2002; Bradley e Freeman, 1982; Ellemberg et al., 1999), e por volta 0,5-2 cpg para frequência radial (Kelly, 1982; Kelly e Magnuski, 1975; Simas, Nogueira e Santos, 2005; Simas, Santos e Thiers, 1997). No presente estudo, o deslocamento da faixa de máxima sensibilidade das crianças surdas para a esquerda da FSC (i.e., 0,5 cpg) e da FSCr (i.e., 0,25 cpg) está relacionado a utilização de luminância mesópica ou baixa. Pesquisas mos-

tram que em níveis baixos de luminância, o SVH possivelmente não detecta frequências acima de 2,4 cpg (Benedek et al., 2003). Por isso, este trabalho limitou-se a investigar frequências espaciais entre 0,25 e 2 cpg.

Sensibilidade ao contraste para estímulos radiais versus grades senoidais

Os resultados mostraram que a sensibilidade ao contraste do sistema visual das crianças surdas foi aproximadamente da ordem de 1,6 vezes mais sensível para estímulos de grades senoidais do que para estímulos radiais (Figura 2). As diferenças no processamento visual dos dois estímulos foram estatisticamente diferentes para todas as frequências ($p < 0,0001$). Estes achados reforçam as pesquisas com adultos que também demonstraram que o SVH é mais sensível para grades senoidais do que para padrões radiais (Kelly, 1982; Kelly e Magnuski, 1975; Simas et al., 2005; Simas et al., 1997). Este estudo mostrou que as crianças surdas também são mais sensível para grades senoidais, FSC, do que para frequências radiais, FSCr (Figura 2).

Acredita-se que a redução encontrada na FSCr comparada a FSC esteja relacionada à própria definição física dos estímulos e não a surdez (ou plasticidade compensatória). Pois, a grade senoidal é um estímulo visual elementar clássico cuja luminância mínima e máxima varia fisicamente em torno da luminância média, em uma direção no espaço, de acordo com o seno e/ou o co-seno, sendo facilmente definida em um sistema de coordenadas cartesianas (ver Figura 1). Ao passo que o estímulo visual de frequência radial é um padrão elementar cuja luminância mínima e máxima varia fisicamente em torno da luminância média na direção radial (ou seja, a luminância varia de acordo com o seno e/ou co-seno do centro para a periferia do estímulo), o que o torna um estímulo facilmente definido em um sistema de coordenadas polares com a origem do sistema de coordenadas no centro do estímulo (Kelly, 1982; Kelly e Magnuski, 1975; Simas et al., 2005). Os estímulos radiais apresentam contraste mais intenso no centro e menos intenso na periferia (Figura 1), tendendo a ser constante no infinito. Neste contexto, uma hipótese para a redução na FSCr comparada à FSC pode ser devido aos estímulos radiais não possuírem amplitude de contraste (ou distribuição de luminância) equivalente ao longo do estímulo, isto é, eles apresentam amplitude máxima no centro (fôvea), diminuindo para periferia do campo visual (Simas et al., 2005). Ao contrário, a amplitude da grade senoidal é equivalente ao longo de todo o estímulo ou campo visual (Figura 1). Então, é possível que a quantidade de canais ou a forma (intensidade) com que os canais

específicos para cada padrão sejam ativados (na fóvea e próximo à fóvea) faça a diferença. A relação lógica por trás desse processo é que, se os dois padrões ativam canais específicos de formas diferentes, aquele que ativa mais intensamente o maior número de canais poderia apresentar maior sensibilidade.

Inclusive, ao observar as curvas de FSC e FSCr das crianças surdas de 7 a 12 anos (Fig. 2), parece que cada conjunto de estímulo de grade senoidal e radial tem atributos peculiares relacionados à detecção da forma e de contraste que os diferenciam entre si. As alterações na sensibilidade do SVH para esses estímulos são difíceis de serem explicadas por um mecanismo único. Esta hipótese pode ser reforçada por estudos psicofísicos (Simas et al., 2005; Simas et al., 1997; Wilson e Wilkinson, 1998) e neurofisiológicos (Gallant, Connor, Rakshit, Lewis e van Essen, 1996; Heywood, Gadotti e Cowey, 1992; Merigan, 1996; Wilkinson et al., 2000) que sugerem que a grade senoidal e o padrão radial são processados por mecanismos e áreas visuais distintas. Por exemplo, em 1994, Kobatake e Tanaka encontraram células seletivas a estímulos radiais na área visual V2, enquanto Gallant et al., (1996) encontraram evidências para estímulos radiais na área visual V4. Já Wilkinson et al. (2000), utilizando a técnica de imagem de ressonância magnética funcional, sugeriram o envolvimento de V4 e do córtex inferotemporal (IT) no processamento de padrões em coordenadas polares. Neste contexto, é possível que as diferenças de sensibilidades ao contraste encontradas para grades senoidais definidas em coordenadas cartesianas e estímulos radiais definidos em coordenadas polares possam estar relacionadas ao envolvimento de vias ou áreas visuais diferentes.

Plasticidade compensatória e sensibilidade ao contraste de grade e estímulo radial

Embora, os resultados mostrem que a sensibilidade do sistema visual de crianças surdas é mais sensível para grade senoidal do que para estímulo radial, não é possível relacionar a diferença de sensibilidade encontrada entre os dois estímulos visuais aos efeitos da plasticidade compensatória visual decorrente da surdez. Conforme já discutido, era esperado que a faixa de máxima sensibilidade entre os dois estímulos fosse diferente e que o sistema visual das crianças precisasse de menos contraste para detectar grade senoidal. Além disso, estudos relacionando à sensibilidade ao contraste à plasticidade compensatória visual decorrente da surdez em crianças não foram encontrados na literatura. O único trabalho encontrado foi com adulto e não apontou alterações na FSC relacionada à surdez (Finney e Dobkins, 2001). Qualquer comparação entre o presente estudo que mediu a resposta sensorial para estímulos

elementares e os trabalhos encontrados na literatura que avaliaram aspectos cognitivos do processamento visual humano é inviável, independente de corroborar ou não a hipótese que a plasticidade compensatória decorrente da privação auditiva altera a percepção ou processamento visual (Bavelier et al., 2006; Bavelier e Neville, 2002; Erden et al., 2004). Isto porque os estudos foram realizados com pressupostos teóricos e metodológicos tão diferentes que inviabilizam qualquer comparação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estes resultados demonstram que a habilidade que crianças surdas possuem para detectar estímulos visuais depende das características físicas que definem a modulação do contraste do estímulo. Estas características, por sua vez, podem estar relacionadas à detecção, ao processamento neural e à integração final da imagem percebida. Pois, levando em conta estes resultados com crianças surdas de 7 a 12 anos e outros dados encontrados na literatura, podemos inferir que o SVH utiliza mecanismos ou vias visuais distintas para processar padrões espaciais definidos em coordenadas cartesianas (p.ex., grades senoidais) e padrões espaciais definidos em coordenadas polares (p.ex., estímulos radiais). Por outro lado, é cedo para afirmar que a plasticidade compensatória altera ou não a sensibilidade ao contraste de crianças surdas. Os resultados apresentados neste estudo são iniciais e novas pesquisas precisam ser realizadas para aprofundar e produzir novos dados empíricos com luminâncias, estímulos e populações diferentes. Só assim será possível discutir de maneira mais sistemática as possíveis alterações na percepção visual relacionadas à surdez. 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.
- 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.
- 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.
- Bavelier, D., Dye, M. W. G., & Hauser, P. C. (2006). Do deaf individuals see better? *Trends in Cognitive Sciences*, 10, 9, 391-430.
- Bavelier, D., & Neville, H. J. (2002). Cross-modal plasticity: Where and how? *Neuroscience*, 3, 443-452.

- Bosworth, R. G., & Dobkins, K. R. (2002). The effects of spatial attention on motion processing in deaf signers, hearing signers and hearing nonsigners. *Brain and Cognition*, 49, 1, 152-169.
- Bradley, A., & Freeman, R. D. (1982). Contrast sensitivity in children. *Vision Research*, 22, 953-959.
- Cannon Jr., M. W. (1983). Contrast sensitivity: Psychophysical and evoked potential methods compared. *Vision Research*, 23, 87-95.
- Cavalcanti, A. M., & Santos, N. A. (2005). O efeito da depressão na função de sensibilidade ao contraste em humanos: Achados preliminares. *Revista Brasileira de Terapias Cognitivas*, 1, 1, 21-28.
- Cornsweet, T. N. (1970). *Visual perception*. New York: Academic Press.
- Elleberg, D., Lewis, T. L., Liu, C. H., & Maurer, D. (1999). Development of spatial and temporal vision during childhood. *Vision Research*, 39, 2325-2333.
- Erden, Z., Otman, S., & Tunay, V. B. (2004). Is visual perception of hearing-impaired children different from healthy children? *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 68, 281-285.
- Finney, E. M., & Dobkins, K. R. (2001). Visual contrast sensitivity in deaf versus hearing populations: Exploring the perceptual consequences of auditory deprivation and experience with a visual language. *Cognitive Brain Research*, 11, 1, 171-183.
- Gallant, J. L., Connor, C. E., Rakshit, S., Lewis, J. W., & van Essen, D. C. (1996). Neural responses to polar, hyperbolic, and cartesian gratings in area V4 of the macaque monkey. *Journal of Neurophysiology*, 76, 2718-2739.
- Heywood, C. A., Gadotti, A., & Cowey, A. (1992). Cortical area V4 and its role in the perception of color. *Journal of Neuroscience*, 12, 4056-4065.
- Kelly, D. H. (1982). Motion and vision: IV. Isotropic and anisotropic spatial response. *Journal of the Optical Society of America*, 72, 432-439.
- Kelly, D. H., & Magnuski, H. S. (1975). Pattern detection and the two dimensional Fourier transform: Circular targets. *Vision Research*, 15, 911-915.
- Ketomäki, J., Eloholma, M., Orreveteläinen, P., & Halonen, L. (2003). Mesopic lighting conditions and pedestrian visibility. *Ingenieria Iluminatului*, 11, 29-35.
- Kobatake, E., & Tanaka, K. (1994). Neuronal selectivities to complex object features in the ventral visual pathway of the macaque cerebral cortex. *Journal of Neurophysiology*, 71, 856-867.
- Merigan, W. H. (1996). Basic visual capabilities and shape discrimination after lesions of extrastriate area V4 in macaques. *Visual Neuroscience*, 13, 51-60.
- Neville, H. J., & Lawson, D. (1987). Attention to central and peripheral visual space in a movement detection task. III. Separate effects of auditory deprivation and acquisition of a visual language. *Brain Research*, 405, 2, 284-294.
- Norcia, A. M., Tyler, C. W., & Hamer, R. D. (1990). Development of contrast sensitivity in the human infant. *Vision Research*, 30, 10, 1475-1486.
- 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.
- Proksch, J., & Bavelier, D. (2002). Changes in the spatial distribution of visual attention after early deafness. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 14, 5, 687-701.
- Rauschecker, J. P. (1995). Compensatory plasticity and sensory substitution in the cerebral cortex. *Trends in Neurosciences*, 18, 1, 36-43.
- Santos, N. A., & França, V. C. R. M. (2008). Sensibilidade ao contraste a grades senoidais de frequências espaciais baixas em crianças. *Estudos de Psicologia*, 25, 2, 177-184.
- Santos, N. A., França, V. C. R. M., & Cruz, E. D. N. (2007). Percepção de padrões concêntricos em crianças de 8 a 13 anos. *Paidéia*, 17, 37, 253-264.
- Santos, N. A., França, V. C. R. M., & Simas, M. L. B. (2007). Sensibilidade ao contraste de frequências radiais em crianças de 4 a 7 anos e adultos. *Psicologia: Reflexão & Crítica*, 21, 1, 1-10.
- Santos, N. A., Oliveira, A. B., Nogueira, R. M. T. B. L., & Simas, M. L. B. (2006). Mesopic radial frequency contrast sensitivity function for young and older adults. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 39, 6, 791-794.
- Schade, O. H. (1948). Electro-optical characteristics of television systems. I. Characteristics of vision and visual systems. *RCA Review*, 9, 5-37.
- Selwyn, E. W. H. (1948). The photographic and visual resolving power of lenses. Visual resolving power. *Photographic Journal*, 88B, 6-12.
- Simas, M. L. B., Nogueira, R. M. T. B. L., & Santos, N. A. (2005). Radial frequency stimuli and sine-wave gratings seem to be processed by distinct contrast brain mechanisms. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 38, 3, 419-430.
- Simas, M. L. B., Santos, N. A., & Thiers, F. A. (1997). Contrast sensitivity to angular frequency stimuli is higher than that for sine-wave gratings in the respective middle range. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 30, 633-636.
- 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.
- Stivalet, P., Moreno, Y., Richard, J., Barraud, P., & Raphel, C. (1998). Differences in visual search tasks between congenitally deaf and normally hearing adults. *Cognitive Brain Research*, 6, 3, 227-232.
- Ventura, D. F., Simões, A. L., Tomaz, S., Costa, M. F., Lago, M., Costa, M. T. V., Canto-Pereira, L. H. M., De Souza, J. M., Faria, M. A. M., & Silveira, L. C. L. (2005). Color vision and contrast sensitivity losses of mercury intoxicated industry in Brazil. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 19, 523-529.
- 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.
- Wilkinson, F., James, T. W., Wilson, H. R., Gati, J. S., Menon, E. S., & Goodale, M. A. (2000). An fMRI study of the selective activation of human extrastriate form vision areas by radial and concentric gratings. *Current Biology*, 10, 1455-1458.
- Wilson, H. R., & Wilkinson, F. (1998). Detection of global structure in glass patterns: Implications for form vision. *Vision Research*, 38, 2933-2947.

Recebido em: 14/07/2008. Aceito em: 30/04/2009.

Autores:

Natanael Antonio Santos – Doutor em Neurociências e Comportamento pelo Instituto de Psicologia da USP. Professor Adjunto IV do Departamento de Psicologia da UFPA. Bolsista de Produtividade em Pesquisa pelo CNPq. Coordenador do Laboratório de Percepção, Neurociências e Comportamento (LPNeC-UFPA). Atua na área das Neurociências e Processos Psicológicos Básicos, com ênfase nos mecanismos sensoriais da visão humana.

Jandilson Avelino Silva – Psicólogo e mestrando pelo Programa de Pós-Graduação em Psicologia Social da Universidade Federal da Paraíba. Membro do Laboratório de Percepção, Neurociências e Comportamento (LPNeC-UFPB). Estuda mecanismos sensoriais e perceptivos da audição humana.

Caroline Costa Gomes Alencar – É graduada em Psicologia pela Universidade Federal da Paraíba.

Liana Chaves Mendes – Psicóloga e doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Neuropsiquiatria e Ciências do Comportamento da Universidade Federal de Pernambuco. Estuda a percepção visual e a sua relação com a privação auditiva.

Renata Maria Toscano Barreto Lyra Nogueira – Psicóloga, doutoranda em Neurociências e Comportamento pelo Instituto de Psicologia da USP. Mem-

bro do Laboratório de Percepção, Neurociências e Comportamento (LPNeC-UFPB). Estuda alterações na percepção visual relacionados a transtornos mentais.

Enviar correspondência para:

Natanael Antonio dos Santos

Departamento de Psicologia, CCHLA – Universidade Federal da Paraíba

Conjunto Castelo Branco, s/n – Cidade Universitária

CEP 58059-900, João Pessoa, PB, Brasil

Tel.: (83) 3235-4439 – Fax: (83) 3216-7064

E-mail: natanael_labv@yahoo.com.br ; natanael.santos@pq.cnpq.br