Luana Lira Righi

Características do efeito da atenção intermodal automática

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Humana do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo, para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Área de concentração: Fisiologia Humana

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Ribeiro do Valle

Versão corrigida. A versão original eletrônica encontra-se disponível tanto na Biblioteca do ICB quanto na Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da USP (BDTD).

São Paulo
2012

RESUMO

Righi LL. Características do efeito da atenção intermodal automática. [tese (Doutorado em Fisiologia Humana)]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo; 2012.

Atenção intermodal é definida como aquela mobilizada por um estímulo de diferente modalidade do estímulo ao qual o participante deve responder. O presente trabalho analisou algumas das possíveis características do efeito da atenção intermodal, entre elas: relação sinal/ruído e assincronia entre início dos estímulos (AIE) em relação ao tipo de tarefa realizada. Inicialmente foram realizados dois experimentos em que um estímulo alvo visual (Gabor) aparecia 133 ms depois de um estímulo precedente auditivo, do mesmo lado (posição mesma) ou oposto (posição oposta). No primeiro experimento, ruído externo visual estava presente enquanto no segundo experimento, não havia ruído. O Experimento 1 mostrou que os efeitos da atenção intermodal se manifestam na presença de ruído visual externo. Já no Experimento 2 o efeito atencional intermodal não se manifestou. Com o objetivo de analisar se a ausência do efeito intermodal foi devido à AIE utilizada, o Experimento 3 foi realizado. Este mostrou que quando a AIE é maior que a utilizada nos experimentos anteriores, o efeito intermodal se manifesta no comportamento na ausência de ruído visual externo. Finalmente, o Experimento 4 analisou se a diferença temporal é devido ao tipo de tarefa realizada mostrando que em uma AIE curta, e em uma tarefa de localização, o efeito intermodal se manifesta. Os resultados mostram que o efeito atencional intermodal se manifesta na presença e na ausência de ruído visual externo. No entanto, na ausência de ruído e quando o alvo deve ser identificado, o efeito da atenção intermodal se manifesta em uma AIE maior. Estes resultados sugerem que o mecanismo de discriminação da frequência do alvo demora mais tempo para se completar do que o mecanismo de localização do alvo. Um possível mecanismo para estes resultados foi proposto.

Palavras-chave: Atenção. Tempo de reação. Discriminação visual. Atenção Visual. Atenção Auditiva. Fisiologia.

ABSTRACT

Righi LL. Characteristics of crossmodal automatic attentional effect [Ph. D. thesis (Human Physiology)]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas, Universidade de São Paulo; 2012.

Attention mobilized by a stimulus in a different modality from the stimulus to which the observer must respond (target) is called crossmodal attention. The current work examined the possible contribution of signal to noise ratio, the asynchrony between the onsets of the cue and the target (SOA) and the kind of task performed by the observer to the manifestation of crossmodal attentional effects. Firstly, two experiments were performed, in which a target (Gabor patch) was presented 133 ms after an auditory cue, on the same side or the opposite side. The observer was instructed to discriminate the Gabor frequency. In the first experiment, in half of the trials, the background contained low level visual noise and in the other half, high level visual noise. Crossmodal attentional effect occurred only for this latter condition. In a second experiment, there was no background noise; in half of the trials, the target had a high contrast and in the other half, a low contrast. The crossmodal attentional effect did not occur in this experiment. The aim of the third experiment was to analyze whether the crossmodal attentional effect would appear in the absence of visual noise at a longer SOA. The results showed that it appears. Finally, the fourth experiment analyzed whether the crossmodal attentional effect would appear at the short SOA in a localization task. This was observed. Taken together, the results indicate that crossmodal attentional effects appear when there is visual noise and when there is no visual noise. However, in the later condition and when the target has to be identified, the crossmodal attentional effect takes longer to appear. A possible mechanism to explain these results is proposed.

Keywords: Attention. Reaction time. Visual discrimination. Visual attention. Auditory attention. Physiology.

1 INTRODUÇÃO

Durante toda a vida o ser humano é bombardeado por uma série de estímulos aos quais frequentemente se deve dar uma resposta. Estes estímulos podem interagir de tal forma que um influencie na resposta dada ao outro estímulo. Esta influência pode ser exemplificada com situações cotidianas, como quando uma pessoa atravessa a rua. Ao iniciar a travessia esta pessoa pode escutar uma buzina, por exemplo. Pouco tempo depois, percebe que aquele som vinha de um carro que estava vindo em sua direção, e por isso não atravessa a rua naquele momento. Após tomar mais cuidado, atravessar a rua, e chegar ao ponto de ônibus, esta pessoa vê algo se movendo. Imediatamente ela olha para o local do movimento e percebe que uma colega do trabalho acenava para ela.

No exemplo acima é possível supor que a buzina do carro ou o movimento da mão de alguém acenando para outra pessoa mobiliza a atenção para o lado em que o estímulo auditivo ou visual aconteceu. Neste caso, a atenção mobilizada é denominada espacial. Ela consiste na atividade neural que seleciona certas regiões do espaço em detrimento das demais. Estímulos que aparecem na região selecionada são processados de modo mais eficaz do que quando aparecem em uma região não selecionada. Assim, se admite que a atenção modula o processamento de estímulos, de modo que a detecção, identificação ou localização deles é mais rápida e acurada.

A atenção espacial pode ser mobilizada por estímulo de mesma ou diferente modalidade sensorial do estímulo ao qual a resposta deve ser emitida, como no exemplo acima. A maior parte dos trabalhos estuda o primeiro tipo de mobilização atencional, denominada atenção unimodal. No entanto, o objeto de estudo do presente trabalho é a denominada atenção intermodal, ou seja, a mobilização atencional por estímulo de diferente modalidade sensorial do estímulo ao qual a resposta deve ser emitida.

1.1 Atenção espacial

A atenção espacial pode ser mobilizada automaticamente ou voluntariamente. No primeiro caso a atenção pode ser mobilizada por um estímulo abrupto, saliente e/ou que tenha um significado muito importante para a pessoa (como o seu nome). A mobilização voluntária da atenção normalmente é realizada por estímulos não tão salientes, mas que exijam algum

tipo de interpretação. Neste caso, é possível pedir ao voluntário que ele oriente a atenção para o lado esquerdo quando o número 1 aparecer e para o lado direito quando o número 2 aparecer, por exemplo.

A mobilização da atenção está relacionada com a ativação de áreas fronto-parietais, sendo estas: campo ocular frontal, córtex frontal dorsomedial, sulco intra-parietal, lobo parietal superior (Szczepanski et al., 2010). Alguns autores propõem que diferentes áreas estariam envolvidas quando a orientação da atenção é realizada automaticamente ou voluntariamente. O sulco intra-parietal, lobo parietal superior e campo ocular frontal seriam ativados principalmente durante a orientação voluntária da atenção, enquanto o córtex frontal ventral e junção têmporo-parietal seriam ativados principalmente durante a orientação automática da atenção (Corbetta, Shulman, 2002).

Áreas subcorticais também estariam envolvidas no controle atencional. Após microestimulações do colículo superior, se observa atenuação do fenômeno de “change blindness”, no qual alterações das características de um estímulo não são percebidas (Cavanaugh, Wurtz, 2004). Com a utilização de técnica semelhante, se observa um aumento no desempenho dos sujeitos durante a discriminação do movimento de pontos que ocorrem na região correspondente ao campo receptivo dos neurônios estimulados (Müller et al., 2005). No entanto, o colículo superior estaria envolvido não apenas com a facilitação de certa região do espaço, como sugerem os trabalhos citados, mas também com a inibição de distratores. Lovejoy e Krauzlis (2010) observaram que a inibição das células desta região leva a uma maior interferência de distratores no desempenho de sujeitos durante uma tarefa de discriminação de movimento. Finalmente, Himelbach et al. (2007) observaram ativação do colículo superior por meio de imageamento funcional por ressonância magnética durante uma tarefa de busca visual, sugerindo envolvimento do colículo superior nos mecanismos da atenção voluntária.

Os efeitos neurais produzidos pela atenção são observados desde áreas subcorticais, como o núcleo geniculado lateral (Connor et al., 2002; Schneider, Kastner, 2009) e colículo superior (Anderson, Rees, 2011; Schneider, Kastner, 2009), áreas corticais primárias e secundárias (Kastner et al., 1998; Liu et al., 2005; Müller et al., 2003) até áreas multisensoriais (McDonald et al., 2003).

O efeito neural da atenção sobre áreas sensoriais resulta em um efeito comportamental que pode ser estudado por meio de um procedimento baseado em um teste desenvolvido por

Posner (Posner, Cohen,1984). De maneira geral, este procedimento consiste na apresentação de estímulos visuais. Dois deles (um à esquerda e outro à direita) permanecem na tela durante todo o teste. O brilho de um dos estímulos aumenta, ou uma seta central aponta para um dos estímulos, constituindo, respectivamente, o estímulo precedente ou pista. Após um intervalo de tempo, outro estímulo visual aparece do lado esquerdo ou direito. Este estímulo, chamado alvo, pode aparecer do mesmo lado que o precedente/pista (posição mesma) ou do lado oposto (posição oposta). O voluntário deve responder ao estímulo alvo, apertando uma tecla do lado correspondente ao lado de seu aparecimento. É medido, então, o tempo de reação do voluntário, ou seja, o intervalo de tempo entre o aparecimento do estímulo alvo e a sua resposta. Posner e Cohen (1984) obtiveram um tempo de reação menor e uma acurácia maior na posição mesma do que na oposta, o que atribuíram à orientação da atenção promovida pelo estímulo precedente.

Quando o estímulo precedente aparece (aumento do brilho), a atenção é orientada automaticamente para aquela região do espaço. Neste caso, além do estímulo ser abrupto, ele aparece 50% das vezes do mesmo lado do estímulo alvo e 50% das vezes do lado oposto. Assim, não é criado nenhum tipo de relação espacial entre estes estímulos sendo a atenção mobilizada automaticamente, pelo menos parcialmente. Já quando a pista aparece (seta) a atenção é orientada voluntariamente. Neste caso, a pista mantém uma relação de contingência espacial com o alvo, ou seja, a posição mesma é mais frequente que a oposta.

Portanto, com a orientação da atenção, o processamento de um estímulo, que apareça logo em seguida naquela região, será mais acurado e mais rápido. Por isso, nesta condição, a acurácia dos sujeitos será maior e o tempo de reação menor. Já o processamento do estímulo que aparece na região para qual a atenção não foi orientada é menos acurado e mais lento. Por isso, nesta condição, a acurácia dos sujeitos será menor e o tempo de reação maior. A diferença no desempenho dos sujeitos entre as condições mesma e oposta é chamada de efeito atencional. A análise desse efeito é muito utilizada em estudos da atenção, pois é um modo de se estimar quantitativamente a ação da atenção na tarefa.

1.2 Atenção espacial automática entre diferentes modalidades

Na introdução deste trabalho foi apresentada a descrição de uma pessoa que atravessou a rua, escutou uma buzina e percebeu um carro em movimento. A atenção desta pessoa foi

mobilizada por um estímulo auditivo (buzina) e desta forma o processamento de um estímulo visual (carro) foi facilitado. Outro exemplo seria quando uma pessoa quer falar com outra. Neste caso, a primeira pessoa pode tocar no braço da outra (estímulo tátil), pode acenar (estímulo visual) ou pode chamá-la pelo nome (novamente estímulo auditivo). Então, a atenção facilitaria o processamento da voz desta pessoa, assim como o do seu rosto. Esta sessão discutirá interações deste tipo, ou seja, a atenção intermodal. Mais especificamente, será discutida a influência da atenção mobilizada automaticamente por um estímulo visual ou auditivo sobre respostas a estímulos visuais ou auditivos.

Uma das principais discussões da literatura da atenção intermodal é se o controle atencional é dependente ou independente de modalidade sensorial. No primeiro caso cada modalidade teria o seu próprio mecanismo e, portanto, o aparecimento de um estímulo precedente visual, por exemplo, mobilizaria mecanismos atencionais exclusivamente visuais e com isso, apenas o processamento sensorial visual seria facilitado. Portanto, se o estímulo alvo fosse auditivo, um efeito comportamental não poderia ser observado, neste exemplo. Esta hipótese foi testada em um estudo de Farah et al. (1989), os quais analisaram pacientes heminegligentes. A heminegligência é caracterizada pela perda da habilidade de reagir a estímulos sensoriais presentes no hemiespaço contralateral à lesão (Bartolomeo, Chokron, 2002; Kerkhoff, 2001; Mort et al., 2003; Vallar, 2001) e é considerada como resultado de um prejuízo atencional. No trabalho de Farah et al. (1989) os pacientes deveriam detectar o aparecimento de um estímulo alvo visual que poderia aparecer do lado ipsilateral ou contralateral à lesão. Este estímulo era precedido por outro estímulo visual ou auditivo que poderia aparecer do mesmo lado ou do lado oposto ao alvo. Quando o estímulo precedente aparecia do lado ipsilesional e o alvo aparecia no lado contralesional os pacientes apresentaram um maior tempo de reação do que quando o oposto acontecia (estímulo precedente no lado contralesional e alvo no lado ipsilesional). Este resultado, já previamente observado no caso do estímulo precedente visual, também foi observado para o estímulo precedente auditivo, evidenciando que os pacientes têm dificuldade na reorientação da atenção para o lado contralesional, independente da modalidade à qual ela foi orientada. Os autores concluem que o mecanismo atencional não é específico para cada modalidade e sugerem que o controle da atenção seria independente de modalidade sensorial, ou seja, a atenção teria um controle supramodal. Neste caso, a atenção seria apenas espacial, ou seja, o aparecimento de um estímulo de qualquer modalidade mobilizaria mecanismos atencionais

que facilitariam o processamento de outro estímulo de qualquer modalidade sensorial, desde que eles aparecessem no mesmo local do espaço. Portanto, nesta teoria, não se espera diferenças comportamentais entre uma condição em que estímulo precedente e alvo são de mesma modalidade sensorial e entre a condição em que são de modalidades diferentes, já que os mecanismos seriam exatamente os mesmos.

No entanto, certo número de trabalhos mostra diferenças comportamentais e eletrofisiológicas entre a mobilização da atenção por um estímulo de mesma e diferente modalidade do alvo (Mazza et al., 2007; McDonald, Ward, 2000; McDonald et al., 2003; Prime et al., 2008; Spence, Driver, 1997; Ward, 1994). Adicionalmente, alguns autores mostram que certos pacientes heminegligentes visuais não necessariamente apresentam dificuldade no processamento de estímulos auditivos do lado contralateral a lesão, sugerindo que os mecanismos atencionais mobilizados por um estímulo auditivo são diferentes daqueles que são mobilizados por um estímulo visual (Sinett et al., 2007). Portanto, uma hipótese alternativa seria que cada uma das modalidades sensoriais teria um mecanismo atencional separado, mas interligado (Eimer, 2006). Neste caso, não necessariamente o aparecimento de um estímulo prévio de qualquer modalidade resultaria na modulação do processamento de outro estímulo de qualquer modalidade. Mecanismos que são apenas interligados podem produzir efeitos iguais ou diferentes dependendo da tarefa utilizada, o que explicaria as diferenças observadas na literatura.

Alguns autores discutem a modulação do processamento sensorial pela atenção intermodal. Em um estudo que mediu potencial relacionado ao evento (PRE), McDonald e Ward (2000) apresentaram um estímulo auditivo lateralizado seguido de um estímulo visual ao qual uma resposta motora deveria ser emitida. Foi calculada a diferença de negatividade (Nd) entre as condições oposta e mesma. Esta diferença foi observada em córtex visual extra-estriado e em áreas mais anteriores, as quais seriam inespecíficas a determinada modalidade. Posteriormente, esta diferença de negatividade foi observada em área multisensorial e após um intervalo de tempo em área unimodal (McDonald et al., 2003). Neste trabalho, evidências foram obtidas de que a área multisensorial ativada seria o córtex temporal superior, seguido (15 a 25 ms depois) da ativação do córtex occipital ventral do giro fusiforme (área unimodal). Assim, efeitos intermodais ocorreriam tanto em áreas multimodais como unimodais e, portanto, um possível mecanismo seria que a atenção intermodal produziria seus efeitos por meio da ativação de área multimodal a qual ativaria área unimodal.

Alguns dos trabalhos que estudam o efeito comportamental da atenção intermodal mostram diferentes resultados. Ward (1994) apresentou duas modalidades de estímulo precedente e alvo (visual e auditivo) randomicamente. Os voluntários deveriam responder de acordo com o lado de aparecimento do estímulo alvo. Os autores encontraram efeito atencional para todas as combinações de modalidade sensorial de estímulo precedente e alvo exceto quando o primeiro era auditivo e o segundo visual. Posteriormente o mesmo resultado é obtido em uma tarefa mais complexa em que os voluntários deveriam responder quando o alvo aparecia em um dos lados do espaço e não responder quando este era central (Ward et al., 2000). Outro grupo de autores, utilizando outra tarefa, encontra o resultado oposto (Spence, Driver, 1997). Neste trabalho, o estímulo alvo aparecia primeiramente superiormente e em seguida inferiormente ou o oposto, do lado esquerdo ou do lado direito. Os voluntários deveriam discriminar a elevação do estímulo. Os autores encontraram efeito atencional quando o estímulo precedente era auditivo e alvo visual ou auditivo, mas quando estímulo precedente era visual o efeito aparecia só quando o alvo era visual. Posteriormente Mazza et al. (2007), no primeiro experimento do trabalho, encontram os mesmos resultados que Spence e Driver (1997) em uma tarefa semelhante. Mondor e Amirault (1998) encontraram que o efeito atencional intermodal é menor do que o efeito unimodal em uma tarefa em que a cor do alvo visual ou o tom do alvo auditivo deveriam ser discriminados.

Estes trabalhos mostram que o efeito atencional intermodal não se manifesta em qualquer condição experimental, sugerindo que este efeito possui certas características que não foram apropriadamente estudadas. O presente estudo teve o objetivo de investigar a importância de alguns fatores para o aparecimento do efeito atencional intermodal. Desta forma se pretende entender em que condições e como o efeito intermodal se manifesta. Os fatores examinados foram: relação sinal/ruído e assincronia entre início dos estímulos de acordo com o tipo de discriminação realizada.

1.3 Os fatores analisados

1.3.1 Relação sinal/ruído

Medidas eletrofisiológicas e de ressonância magnética evidenciam que a atenção modula a atividade de áreas corticais e subcorticais e provavelmente esta modulação culmina

na alteração do desempenho dos voluntários. No caso da atenção unimodal visual, os mecanismos envolvidos nesta modulação são temas de grande discussão na literatura. Uma das hipóteses consideradas é que a atenção alteraria a relação sinal/ruído por meio de exclusão do ruído externo, diminuição do ruído interno e/ou aumento do sinal.

No caso do mecanismo de exclusão do ruído externo, a atenção atuaria como um filtro que reduziria o processamento do ruído em relação ao processamento do estímulo alvo. O ruído pode ser, por exemplo, um estímulo distrator que aparece ao lado do alvo ou um estímulo que aparece sobreposto a ele. Considere, por exemplo, que em uma festa uma das pessoas fala uma palavra para outra pessoa e esta não tem certeza se a palavra seria “amar” ou “voar” porque há muito barulho. Ou então uma situação em que alguém está procurando seu namorado na festa, vê uma pessoa parecida com ele, mas não tem certeza de que é o namorado porque há muitas pessoas na frente dele. Nestes casos, o ruído externo seria o barulho da festa e as pessoas que não são o namorado. A atenção poderia também diminuir o ruído interno que seria a somatória de fatores que interferem no processamento perceptual, como, por exemplo, perda durante a transmissão da informação e variabilidade do disparo neuronal (Lu, Dosher, 1998). Finalmente, o mecanismo de aumento do sinal seria o aumento do processamento do estímulo. Considere uma situação em que não há ruído externo, mas que alguma característica do estímulo está alterada. Neste caso achar o alvo também não é fácil. Considere, por exemplo, que alguém diz uma palavra e outra pessoa não tem certeza se a palavra é “amar” ou “voar” porque a pessoa falou muito baixo. Ou então, quando é necessário ler uma palavra que foi impressa em um papel branco com tinta cinza bem clara. Nestes casos, a atenção poderia melhorar o processamento da palavra que foi dita ou impressa e assim seria mais fácil saber qual é a palavra certa.

A influência da relação sinal/ruído no efeito da atenção unimodal visual tem sido bastante investigada. Um dos principais procedimentos utilizado para estudar esta questão foi desenvolvido por Lu e Dosher (1998) utilizando pistas preditivas que mobilizam a atenção voluntariamente. Apesar de o presente trabalho ter estudado apenas atenção automática, esta sessão se inicia com a descrição dos trabalhos envolvendo atenção voluntária já que são trabalhos clássicos e essenciais para que os resultados do presente trabalho possam ser interpretados.

Lu e Dosher (1998) desenvolveram um modelo (“perceptual template model”) no qual assumem que o processo de decisão perceptual é influenciado pelo sinal e ruído externo mais

o ruído interno do sistema. Neste modelo, o efeito atencional (melhor desempenho na condição atendida e o pior desempenho na condição não atendida) seria somente observado em certas situações. Dependendo do resultado obtido seria possível sugerir qual fator é modulado pela atenção. Quando ruído externo é adicionado ao estímulo ao qual se emitirá uma resposta, o aumento (relacionado com o mecanismo de aumento de sinal) e a diminuição (relacionado com o mecanismo de diminuição do ruído externo) do processamento se aplicam para o ruído externo e para o próprio estímulo (sinal). Portanto, não é possível determinar qual mecanismo é responsável pelo efeito comportamental observado. Para tanto, é necessário alterar os níveis de ruído externo e as características do próprio estímulo. Quando o nível de ruído externo é muito baixo e um efeito atencional significativo é observado, o mecanismo envolvido seria o de aumento de sinal. Isto porque neste caso há pouquíssimo ruído para ser modulado pela atenção, então quando um efeito comportamental é observado, a explicação mais plausível é que a atenção modulou o que era possível ser modulado, ou seja, o sinal. Quando o nível de ruído externo é muito alto, um efeito comportamental significativo provavelmente se deve ao mecanismo de diminuição de ruído. Isto porque neste caso há muito ruído para ser modulado pela atenção, então quando um efeito comportamental é observado, a explicação mais plausível é que a atenção modulou o que era possível ser modulado, ou seja, o ruído. Por fim, no caso do efeito comportamental ser observado tanto com pouco ruído como com muito ruído sugere que o mecanismo envolvido seria ou de aumento de sinal e diminuição de ruído ou diminuição do ruído interno.

Levando em conta seu modelo, Lu e Dosher (1998) idealizaram algumas tarefas. Os resultados obtidos com estas tarefas foram interpretados de acordo com o modelo. Dosher e Lu (2000a) utilizaram Gabor como estímulo alvo somado a um ruído gaussiano. O contraste do primeiro e a variância do segundo eram alterados nas diferentes condições. O participante deveria dizer a orientação do Gabor. Curvas psicométricas foram traçadas mostrando que a porcentagem de acertos na condição válida era maior do que na condição inválida apenas para níveis altos de ruído (variância alta). Os autores concluíram que a atenção voluntária tem papel apenas na diminuição do ruído. Outros trabalhos baseados em modelo experimental semelhante resultaram na mesma conclusão (Dosher, Lu, 2000b; Lu et al., 2002).

Por outro lado, Cameron, Tai e Carrasco (2002) apresentaram um estímulo alvo Gabor em uma de oito possíveis localizações (apenas na periferia do campo visual). Este estímulo era precedido por um ponto preto periférico, que em 100% das tentativas indicava o local de

aparecimento do alvo e um ponto preto central como pista neutra. O participante deveria discriminar a orientação do Gabor. A curva psicométrica obtida mostrou que a porcentagem de respostas corretas para a pista periférica era maior do que para a pista neutra. Como esta diferença foi observada na ausência de ruído externo, pode-se concluir que a atenção aumenta o sinal.

A alteração da relação sinal/ruído também é um mecanismo que deve ser considerado no caso da atenção mobilizada automaticamente. No experimento de Pestilli e Carrasco (2005) um ponto preto central ou periférico aparecia na tela. Em seguida dois alvos (Gabor) com orientações diferentes eram apresentados (um do lado esquerdo e outro do lado direito) e posteriormente um segundo estímulo visual era apresentado de um dos lados da tela. O voluntário deveria dizer a orientação do alvo que tivesse aparecido do mesmo lado do segundo estímulo visual. Os autores encontraram que o número de acertos quando o estímulo precedente (ponto preto) aparecia do mesmo lado que o segundo estímulo visual foi maior do que o número de acertos quando o estímulo precedente aparecia no centro. Ainda, os autores encontraram que o número de acertos quando o estímulo precedente aparecia no centro foi maior do que o número de acertos quando o estímulo precedente (ponto preto) aparecia do lado oposto ao segundo estímulo visual. Os autores concluíram que a atenção visual é capaz de modular o sinal e o ruído externo.

No trabalho de Sais (2011) os voluntários deveriam responder o mais rápido possível para um estímulo visual que poderia aparecer do lado esquerdo ou direito. Este estímulo era precedido de um estímulo visual que poderia aparecer metade das vezes na mesma posição do alvo e outra metade em posição diferente. Em um primeiro experimento o fundo da tela era branco, em um segundo experimento o fundo era branco com linhas horizontais e verticais, as quais foram consideradas como um ruído externo visual. Os autores observaram que o efeito atencional só se manifestava quando o ruído externo (as linhas horizontais e verticais) tinha sido adicionado na tela, sugerindo que este fator é importante para que o efeito atencional se manifeste.

Por fim, Liu et al. (2009) realizaram uma tarefa em que os voluntários discriminavam a orientação de um estímulo alvo (Gabor). Este era precedido de um estímulo visual que poderia aparecer metade das vezes na mesma posição do alvo e outra metade em posição diferente. Em um dos experimentos, os autores adicionaram uma máscara que aparecia imediatamente após o desaparecimento do alvo (Experimento 3), interrompendo o

processamento do estímulo alvo visual. Neste caso, o aparecimento de um efeito atencional indicaria que a atenção estaria melhorando o processamento do alvo, confirmando a hipótese de aumento de sinal. Em outro experimento, os autores adicionaram um ruído gaussiano que aparecia no mesmo local do alvo e ao mesmo tempo que este estímulo (Experimento 4), criando competição. Neste caso, o aparecimento de um efeito atencional indicaria que a atenção estaria diminuindo a interferência criada pelo ruído. Foi observado maior efeito atencional no Experimento 3 em relação ao 4. Os autores concluíram que a atenção aumenta o sinal.

Diferentemente da atenção unimodal visual, a atuação da atenção intermodal sobre a relação sinal/ruído não foi muito estudada. Störmer et al. (2009) apresentaram um tom emitido por uma caixa de som posicionada do lado esquerdo ou do lado direito. Após 150 ms dois estímulos Gabor eram apresentados ao mesmo tempo, um do lado esquerdo e outro do lado direito. Um deles poderia ter o contraste mais baixo que o outro. O voluntário deveria apertar o botão correspondente à orientação do Gabor que julgava ter o contraste mais alto. Os participantes tendiam a dizer que o Gabor que aparecia do lado correspondente ao lado de aparecimento do som tinha o contraste mais alto. Nesta condição, medidas de potenciais relacionados ao evento (PRE) mostraram maior atividade para o Gabor que os voluntários julgavam ter maior contraste em relação ao de menor contraste. Por outro lado, na condição em que os voluntários diziam que os dois estímulos Gabor eram iguais, não houve diferença entre o PRE do Gabor do lado direito ou esquerdo. Os autores concluíram que a atenção intermodal aumenta a percepção ao contraste. No entanto, não é possível dizer se este aumento se deve a um aumento do sinal ou diminuição do ruído, realizado pela atenção intermodal. Portanto, esta questão ainda precisa ser investigada.

1.3.2 Assincronia entre início dos estímulos e o tipo de tarefa

Revendo o possível mecanismo atencional temos: a orientação da atenção em resposta ao aparecimento do estímulo precedente; facilitação do processamento sensorial; e manifestação do efeito atencional como resultado comportamental desta facilitação sensorial. Assim, todo o mecanismo é deflagrado com o aparecimento do estímulo precedente e o efeito atencional só será observado se o estímulo alvo aparecer após a facilitação do processamento sensorial. Portanto, o intervalo de tempo entre o início do estímulo precedente e o início do

estímulo alvo, chamado de Assincronia entre Início dos Estímulos (AIE), deve ser suficientemente longo para que o efeito atencional comportamental seja observado.

No caso da atenção unimodal visual, alguns trabalhos sugerem a AIE mínima necessária para que o efeito atencional se manifeste. Castiello e Umiltà (1990, 1992) sugeriram que esta AIE mínima seria 50 ms. Já Castro-Barros et al. (2008) mostraram que o efeito atencional pode se manifestar ainda mais cedo, 34 ms, confirmando as observações de Steinman et al. (1995).

Não foram encontrados trabalhos analisando o curso temporal da atenção intermodal automática. Apenas pela comparação dos resultados de diferentes trabalhos da literatura é possível formar uma ideia sobre esta questão. Spence e Driver (1997) observaram um efeito da atenção mobilizada por um estímulo auditivo sobre o processamento de um estímulo visual em uma tarefa de localização (julgamento da elevação do alvo) com uma AIE de 100 ms. Este foi o único trabalho encontrado na literatura que mostrou efeito atencional intermodal com estímulo precedente auditivo e alvo visual em tal AIE. Outros trabalhos que mostraram efeito intermodal com estímulo precedente auditivo e alvo visual utilizaram AIE maior que 100 ms e as tarefas exigiam discriminação de alguma característica do alvo, como sua forma (Santangelo et al., 2006; Santangelo, Spence, 2007; Van der Lubbe et al., 2006). Assim, aparentemente existe uma diferença na manifestação do efeito intermodal de acordo com a AIE e o tipo de tarefa realizada.

Uma possível explicação para as diferenças temporais observadas seria que a identificação de um objeto levaria mais tempo que sua localização, o que aconteceria tanto para o caso da atenção intermodal como para o caso da atenção unimodal. No entanto, os resultados de um trabalho anteriormente realizado em nosso laboratório (Righi, Ribeiro-do-Valle, 2011) vão contra esta hipótese. Neste trabalho os autores avaliaram os efeitos da atenção unimodal visual em uma tarefa de discriminação de forma e uma tarefa de localização. Foram utilizadas AIEs de 34, 67 e 100 ms. Não houve diferença na manifestação do efeito atencional entre as AIEs tanto na tarefa de discriminação de forma como na tarefa de localização. Estes resultados sugerem que se realmente existe uma diferença temporal de acordo com o tipo de tarefa, ela é específica para a atenção intermodal, ou seja, algo relacionado ao mecanismo específico da atenção intermodal seria responsável pelas diferenças temporais.

Alguns autores sugerem que a atenção intermodal produziria seus efeitos sobre o processamento sensorial através da retro-alimentação de áreas multimodais (sulco temporal superior, por exemplo) para áreas unimodais (Driver, Spence, 1998; McDonald, Ward, 2000; McDonald et al., 2003). Assim, haveria um intervalo de tempo entre a ativação das áreas multimodais e a ativação das áreas unimodais. McDonald et al. (2003) sugeriram que este intervalo de tempo seria de 15-25 ms, já que observaram ativação do córtex occipital ventral do giro fusiforme 15-25 ms depois da ativação do córtex temporal superior. Quando a discriminação de características específicas do alvo deve ser feita, é possível que seja necessária a ativação da área unimodal relacionada especificamente com aquela característica. Como esta ativação não seria direta, já que dependeria da retro-alimentação de áreas multimodais, em uma tarefa em que a discriminação das características do alvo é requerida, o efeito atencional intermodal demoraria mais tempo para se manifestar.

1.3.3 Hipóteses testadas

Os achados da literatura revelam que a atenção intermodal possui certas características que não foram ainda apropriadamente investigadas. O presente estudo teve o objetivo de avaliar a importância de alguns fatores experimentais como, a relação sinal/ruído do estímulo alvo, a AIE de acordo com o tipo de discriminação realizada para o aparecimento do efeito atencional intermodal.

Com o objetivo de examinar a manifestação do efeito atencional intermodal em função da relação sinal/ruído, foram realizados os Experimentos 1 e 2. Nestes experimentos, os voluntários deveriam responder a estímulos Gabor apresentados após o aparecimento de um estímulo precedente auditivo. No primeiro experimento, a tarefa envolvia a discriminação da frequência dos estímulos Gabor apresentados contra um fundo contendo maior ou menor quantidade de ruído visual. No segundo experimento, a tarefa envolvia a discriminação da frequência dos estímulos Gabor de alto ou baixo contraste na ausência de ruído de fundo. Caso um efeito atencional fosse obtido no primeiro experimento, seria possível sugerir que a atenção intermodal exclui o ruído externo. Já se um efeito atencional fosse obtido no segundo experimento, seria possível sugerir que a atenção intermodal aumenta o sinal.

Para analisar a manifestação do efeito atencional intermodal de acordo com a AIE e o tipo da tarefa realizada, foram realizados os Experimentos 3 e 4. Nestes experimentos, os

voluntários deveriam responder a estímulos Gabor apresentados após o aparecimento de um estímulo precedente auditivo. No Experimento 3, a tarefa envolvia a discriminação de frequência dos estímulos Gabor de alto ou baixo contraste na ausência de ruído de fundo, assim como o Experimento 2, mas com uma AIE maior (Experimento 2, AIE de 133 ms; Experimento 3, AIE de 159 ms). No Experimento 4 os participantes realizaram uma tarefa de localização com uma AIE curta (133 ms). Esperávamos que o efeito atencional intermodal fosse maior no Experimento 3 (AIE longa) em relação ao Experimento 2 (AIE curta). Esperávamos ainda que o efeito atencional intermodal se manifestasse no Experimento 4. Estes resultados evidenciariam que este efeito demora mais tempo para se manifestar apenas em tarefas que exigem discriminação de alguma característica específica do estímulo alvo.

1.4 Objetivos

O presente trabalho teve o objetivo geral de estudar a importância de alguns fatores para o aparecimento do efeito atencional intermodal. Mais especificamente avaliamos:

- a influência da relação sinal/ruído na manifestação do efeito atencional intermodal;
- a influência da assincronia entre o início dos estímulos na manifestação do efeito;
- a influência do tipo de discriminação na manifestação do efeito intermodal.

7 CONCLUSÕES

A primeira conclusão deste trabalho é que a atenção intermodal provavelmente atua tanto por meio de um mecanismo de diminuição do ruído externo como por meio de um mecanismo de aumento do sinal relacionado com o E2 e/ou por um mecanismo de diminuição do ruído interno.

A segunda conclusão deste trabalho é que existe uma diferença temporal na atuação da atenção intermodal dependendo da tarefa realizada. Quando a modulação realizada pela atenção intermodal é apenas espacial, seu efeito se manifesta em uma AIE curta. Já quando a tarefa envolve uma discriminação das características do objeto, a atenção intermodal atua em uma AIE mais longa.

REFERÊNCIAS[1]

Anderson EJ, Rees G. Neural correlates of spatial orienting in the human superior colliculus. J Neurophysiol. 2011;106(5):2273-84.

Bartolomeo P, Chokron S. Orienting of attention in left unilateral neglect. Neurosci Biobehav Rev. 2002;26(2):217-34.

Cameron EL, Tai JC, Carrasco M. Covert attention affects the psychometric function of contrast sensitivity. Vision Res. 2002;42(8):949-67.

Castiello U, Umiltà C. Size of the attentional focus and efficiency of processing. Acta Psychol (Amst). 1990;73(3):195-209.

Castiello U, Umiltà C. Splitting Focal Attention. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 1992; 18(3):837-48.

Castro-Barros BA, Righi LL, Grechi G, Ribeiro-do-Valle LE. Interlateral asymmetry in the time course of the effect of a peripheral prime stimulus. Brain Cogn. 2008;66(3):265-79.

Cavanaugh J, Wurtz RH. Subcortical modulation of attention counters change blindness. J Neurosci. 2004;24(50):11236-43.

Connor DH, Fukui MM, Pinsk MM, Kastner S. Attention modulates responses in the human lateral geniculate nucleus. Nat Neurosci. 2002;5(11):1203-9.

Corbetta M, Shulman GL. Control of goal-directed and stimulus-driven attention in the brain. Nat Rev Neurosci. 2002;3(3):201-15.

Dosher BA, Lu ZL. Noise exclusion in spatial attention. Psychological Science. 2002a;11(2):139-46.

Dosher BA, Lu ZL. Mechanisms of perceptual attention in precuing of location. Vision Res. 2000b;40(10-12):1269-92.

Driver J, Spence C. Attention and the crossmodal construction of space. Trends Cogn Sci. 1998;2(7):254-62.

Eimer M, Schröger E. ERP effects of intermodal attention and cross-modal links in spatial attention. Psychophysiology. 1998;35(3):313–27.

[1] De acordo com: International Committee of Medical Journal Editors. Uniform requeriments for manuscripts submitted to Biomedical Journal: sample references. [Cited 2011 Jul 15]. Available from: http://www.icmje.org

Eimer M. Electrophysiology of human crossmodal spatial attention. In: Spence C, Driver J, editors. Crossmodal space and crossmodal attention, New York: Oxford University Press Inc; 2006. p.221-46.

Farah MJ, Wong AB, Monheit MA, Morrow LA. Parietal lobe mechanisms of spatial attention: Modality specific of supramodal? Neuropsychologia. 1989;27(4),461-70.

Ghazanfar AA, Schroeder CE. Is neocortex essentially multisensory? Trends Cogn Sci. 2006;10(6):278-85.

Himmelbach M, Erb M, Karnath HO. Activation of superior colliculi in humans during visual exploration. BMC Neurosci. 2007;14,8:66.

Kastner S, De Weerd P, Desimone R, Ungerleider LG. Mechanisms of directed attention in the human extrastriate cortex as revealed by functional MRI. Science. 1998;282(5386):108-11.

Kerkhoff G. Spatial hemineglect in humans. Prog Neurobiol. 2001;63(1):1–27.

Liu CC, Wolfgang BJ, Smith PL. Attentional mechanisms in simple visual detection: A speed-accuracy trade-off analysis. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 2009;35(5):1329-45.

Liu T, Pestilli F, Carrasco M. Transient attention enhances perceptual performance and fMRI response in human visual cortex. Neuron. 2005;45(3):469-77.

Lovejoy LP, Krauzlis RJ. Inactivation of primate superior colliculus impairs covert selection of signals for perceptual judgments. Nat Neurosci. 2010;13(2):261-7.

Lu ZL, Dosher BA. External noise distinguishes attention mechanisms. Vision Res. 1998;38(9):1183-98.

Lu ZL, Lesmes LA, Dosher BA. Spatial attention excludes external noise at the target location. J Vis. 2002;2(4):312-23.

Mazza V, Turatto M, Rossi M, Umiltà C. How automatic are audiovisual links in exogenous spatial attention? Neuropsychologia. 2007;45(3):514-22.

McDonald JJ, Teder-Sälejärvi WA, Ward LM. Multisensory integration and crossmodal attention effects in the human brain. Science. 2001;292(5523):1791.

McDonald JJ, Teder-Sälejärvi WA, Di Russo F, Hillyard SA. Neural substrates of perceptual enhancement by cross-modal spatial attention. J Cogn Neurosci. 2003;15(1):10-9.

McDonald JJ, Ward LM. Involuntary listening aids seeing: Evidence from human electrophysiology. Psychol Sci. 2000;11(2):167-71.

Mitchell JF, Sundberg KA, Reynolds JH. Spatial attention decorrelates intrinsic activity fluctuations in Macaque area V4.Neuron. 2009;63(6):879-88.

Mondor TA, Amirault KJ. Effect of same- and different- modality spatial cues on auditory and visual target identification. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 1998;24(3):745-55.

Mort DJ, Malhotra P, Mannan SK, Rorden C, Pambakian A, Kennard C, Husain M. The anatomy of visual neglect. Brain. 2003;126(9):1986-97.

Müller JR, Philiastides MG, Newsome WT. Microstimulation of the superior colliculus focuses attention without moving the eyes. Proc Natl Acad Sci U S A. 2005;102(3):524-9.

Müller NG, Bartelt OA, Donner TH, Villringer A, Brandt SA. A physiological correlate of the "zoom lens" of visual attention. J Neurosci. 2003;23(9):3561-5.

Oldfield, R.C. The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh Inventory. Neuropsychologia. 1971;9(1):97-113.

Pestilli F, Carrasco M. Attention enhances contrast sensitivity at cued and impairs it at uncued locations. Vision Res. 2005;45(14):1867-75.

Posner MI, Cohen Y. Components of visual orienting. In: Bouma H, Bouwhuis GG, editors. Attention and performance. Hillsdale: Erlbaum;1984. p. 531-56.

Prime DJ, McDonald JJ, Green J, Ward LM. When cross-modal spatial attention fails. Can J Exp Psychol.2008;62(3):192-7.

Reynolds JH, Pasternak T, Desimone R. Attention increases sensitivity of V4 neurons. Neuron. 2000;26(3):703-14.

Righi LL, Ribeiro-do-Valle LE. Automatic attention lateral asymmetry in visual discrimination tasks. Psychol Res. 2011;75(1):24-34.

Sais FA. Por que locais demarcados são importantes para o aparecimento do efeito atencional automático? [dissertação]. São Paulo: Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo; 2011.

Santangelo V, Spence C. Multisensory cues capture spatial attention regardless of perceptual load. J Exp Psychol Hum Percept Perform. 2007;33(6):1311-21.

Santangelo V, Van der Lubbe RHJ, Belardinelli MO, Postma A. Spatial attention triggered by unimodal, crossmodal, and bimodal exogenous cues: a comparison of reflexive orienting mechanisms. Exp Brain Res. 2006;173(1):40-8.

Schneider KA, Kastner S. Effects of sustained spatial attention in the human lateral geniculate nucleus and superior colliculus. J Neurosci. 2009;29(6):1784-95.

Sinnett S, Juncadella M, Rafal R, Azañón E, Soto-Faraco S. A dissociation between visual and auditory hemi-inattention: Evidence from temporal order judgements. Neuropsychologia. 2007;45(3):552-60.

Spence C, Driver J. Audiovisual links in exogenous covert spatial orienting. Percept Psychophys. 1997;59(1):1-22.

Stein BE, Stanford TR, Wallace MT, Vaughan JW, Jiang W. Crossmodal spatial interactions in subcortical and cortical circuits. In: Spence C, Driver J, editors. Crossmodal space and crossmodal attention, New York: Oxford University Press Inc; 2006. p.25-50.

Steinman SB, Steinman BA, Lehmkuhle S. Visual attention mechanisms show a center-surround organization. Vision Res. 1995;35(13):1859-69.

Störmer VS, McDonald JJ, Hillyard SA. Cross-modal cueing of attention alters appearance and early cortical processing of visual stimuli. Proc Natl Acad Sci U S A. 2009;106(52):22456-61.

Szczepanski SM, Konen CS, Kastner S. Mechanisms of spatial attention control in frontal and parietal cortex. J Neurosci. 2010;30(10):148-60.

Teder-Sälejärvi WA, Münte TF, Sperlich FJ, Hillyard SA. Intra-modal and cross-modal spatial attention to auditory and visual stimuli. An event-related brain potential study. Brain Res Cogn Brain Res. 1999;8(3):327-43.

Vallar G. Extrapersonal visual unilateral spatial neglect and its neuroanatomy. NeuroImage. 2001;14(1Pt2):S52-8.

Van der Lubbe RHJ, Havik MM, Bekker EM, Postma A. Task-dependent exogenous cuing effects depend on cue modality. Psychophysiology. 2006;43(2):145-60.

von Kriegstein K, Kleinschmidt A, Sterzer P, Giraud AL. Interaction of face and voice areas during speaker recognition. J Cogn Neurosci. 2005;17(3):367-76.

Ward LM. Supramodal and modality-specific mechanisms for stimulus-driven shifts of auditory and visual attention. Can J Exp Psychol. 1994;48(2):242-59.

Ward LM, McDonald JJ, Lin D. On asymetries in cross-modal spatial attention orienting. Percept Psychophys. 2000;62(6):1258-64.