

Estímulos emocionais: processamento sensorial e respostas motoras

Emotional stimuli: sensory processing and motor responses

Eliane Volchan^a, Mirtes G Pereira^a, Letícia de Oliveira^b, Cláudia Vargas^a, Janaína Mourão-Miranda^a, Tatiana Maia de Azevedo^a, Walter Machado-Pinheiro^b e Luiz Pessoa^c

^aInstituto de Biofísica Carlos Chagas Filho. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. ^bDepartamento de Fisiologia e Farmacologia. Universidade Federal Fluminense. Niterói, RJ, Brasil. ^cDepartment of Psychology. Brown University. Rhode Island, Estados Unidos.

Resumo A emoção pode ser funcionalmente considerada como uma disposição à ação que prepara o organismo para comportamentos relacionados à aproximação e esquiva. Para preparar uma saída motora apropriada, o organismo tem que ser eficiente na codificação de estímulos relevantes. Neste trabalho, apresentamos evidências a partir de estudos de neuroimagem que revelam que a visualização de imagens emocionais promove uma maior ativação do córtex visual do que a observação de figuras neutras. Além desta facilitação do processamento sensorial, os estímulos emocionais desencadeiam reações somáticas e vegetativas. Registros da dinâmica postural e da frequência cardíaca enquanto voluntários assistiam a um bloco de figuras desagradáveis revelou uma redução significativa na oscilação corporal e bradicardia. Uma investigação paralela mostrou que o tempo de reação também lentifica após a visualização de figuras negativas. Este conjunto de respostas – imobilidade, bradicardia e tempo de reação mais lento – pode refletir o engajamento do sistema defensivo, similar às reações defensivas desencadeadas em ambiente natural por estímulos ameaçadores distantes. Em resumo, o sistema afetivo influencia um nível precoce de codificação sensorial e a saída motora favorecendo, portanto, disposições para as ações apropriadas.

Descritores Emoção. Ressonância magnética funcional. Tempo de reação. Estabilometria. Atenção. Sistema visual.

Abstract *Emotion can be functionally considered as action dispositions preparing the organism for either avoidance- or approach- related behaviors. In order to prepare an appropriate behavioral output, the organism has to be efficient in the encoding of relevant stimuli. We herein present evidence from neuroimaging studies that seeing emotional and arousing pictures leads to greater activation in visual cortex than seeing neutral ones. In addition to this facilitation of sensory processing, emotional stimuli prompt somatic and vegetative reactions. Recordings of postural oscillations and heart rate while participants visualized a block of unpleasant pictures, revealed a significant reduction of body sway and bradycardia. A parallel investigation showed that reaction time also slows down after the visualization of negative pictures. Taken together, immobility, bradycardia and slower reaction time in the laboratory experimental set may reflect the engagement of the defensive system, resembling the defensive reactions to distant threatening stimuli in natural contexts. In summary, the affective system operates at an early level of sensory encoding and at the motor output favoring dispositions for appropriate actions.*

Keywords *Emotion. Functional magnetic resonance imaging. Reaction time. Stabilometry. Attention. Visual system.*

Introdução

As emoções evoluíram de respostas reflexas simples que servem ao propósito de sobrevivência. Segundo Schneirla¹ (1957), a expressão afetiva é pautada em dois sistemas motivacionais básicos que evoluíram para mediar o comportamento *apetitivo* e *defensivo*. No curso da evolução dos mamíferos, o processamento de estímulos ameaçadores à vida, assim como aqueles necessários à sua manutenção, devem ter sido privilegiados.² Para isso foi necessário o desenvolvimento de um sistema *perceptual* para detectar esses estímulos e um sistema *motor* para mover o animal para longe do perigo ou na direção do alimento. Apesar da expressão emocional humana ser altamente diversificada, segundo Lang et al,³ ela está ancorada em sistemas neurais que – tendo sido desenvolvidos para garantir a sobrevivência dos indivíduos e da espécie – orquestram respostas a duas classes fundamentais de estímulos: apetitivos e aversivos.

Estudos dos relatos das experiências emocionais reforçam a proposta de organização bifásica das emoções. Osgood et al,⁴ usando diferenciais semânticos, mostraram que a descrição das emoções estaria primeiramente distribuída em uma dimensão bipolar de *valência* afetiva, variando de atrativo/agradável a aversivo/desagradável. O nível de ativação (metabólico e neural), tanto do sistema aversivo quanto do apetitivo, é representado por uma segunda dimensão que é o *alerta*.⁵ A ativação de um dos sistemas motivacionais e a intensidade com que cada sistema é ativado são a base para os efeitos associados a valência e alerta emocional.

Discutiremos neste artigo evidências que apontam para o favorecimento, durante o processamento sensorial, de estímulos com conteúdo emocional. Apresentaremos ainda evidências de que os estímulos emocionais modulam as respostas comportamentais por intermédio da ativação dos sistemas motivacionais (especificamente do sistema defensivo).

Processamento sensorial privilegiado de estímulos emocionais

Como foi apontado anteriormente, uma função fundamental da emoção é a preparação para a ação. Entretanto, a organização de estratégias comportamentais adequadas depende de uma extração eficiente de informações do ambiente,⁶ ou seja, de um processamento sensorial ajustado dos estímulos ambientais. Para os primatas, entre eles os humanos, a estimulação visual é uma das fontes sensoriais mais importantes na modulação do comportamento tendo grande parte de seu sistema nervoso dedicada ao processamento desta modalidade sensorial. Assim, dentre os sistemas sensoriais, a visão é o que ocupa maior área cortical e o que apresenta um maior número de áreas especializadas descritas.⁷

Estímulos visuais podem revestir-se de conteúdo *emocional* de valência positiva ou negativa, atributos que se situam em uma dimensão distinta dos atributos visuais de cor, forma e complexidade visual. Um grande número de experimentos de neuroimagem tem revelado que o córtex visual está envolvido no processamento de imagens afetivas, como indicado pela ativação cortical mais intensa quando o sujeito observa imagens emocionais em relação às imagens neutras.⁸⁻¹² É importan-

te lembrar que os estímulos emocionais não diferem apenas em termos de valência, mas também em níveis de alerta.⁴ Nos trabalhos acima citados, não está claro se a ativação visual diferencial observada se deve a valência do estímulo ou se os resultados são influenciados pelo nível de alerta dos mesmos. Este ponto torna-se ainda mais crítico pelo fato dos estímulos emocionais de valências extremas serem também considerados muito alertantes.¹³⁻¹⁵

Valência e alerta como fatores contribuintes da ativação cortical

O processamento visual intensificado para estímulos emocionais pode estar associado com o aumento da sensibilidade perceptual a eventos de grande importância para o organismo.^{16,17} A determinação dos fatores subjacentes à ativação cortical visual durante a percepção de estímulos emocionais, especialmente o esclarecimento das contribuições da valência e do alerta para o processamento destes estímulos, foi investigado recentemente por nosso grupo.¹⁸ Neste trabalho foi utilizada a técnica de ressonância magnética funcional para mapear as ativações encefálicas observadas durante a apresentação de figuras neutras, positivas e negativas e uma nova categoria de figuras denominadas de “interessantes”. Se a atividade visual aumentada durante a percepção de estímulos emocionais fosse determinada pela valência, o contraste das ativações encefálicas obtidas quando os sujeitos observavam figuras de mesmo alerta, mas valência diferente, revelariam ativações diferenciais relacionadas à valência. Por outro lado, se a atividade visual fosse direcionada pelo alerta, o contraste de condições de mesma valência, porém de alerta distintos, produziria ativações diferenciais relacionadas ao alerta. Se ambos os casos de contrastes revelassem ativações diferenciais significaria que tanto a valência quanto o alerta contribuem para a ativação visual cortical. As figuras positivas, negativas e neutras utilizadas foram selecionadas do IAPS^{13,15} e a nova categoria de figuras “interessantes” altamente alertantes e de valência neutra (i.e. figuras surreais) foi obtida na “internet” e em livros de fotografias. O resultado da classificação destas figuras por um grupo de 25 voluntários de acordo com o protocolo descrito por Lang et al¹⁵ revelou que: a) as figuras agradáveis foram julgadas significativamente mais positivas que todas as outras; b) as figuras desagradáveis foram significativamente mais negativas que as demais; c) as figuras neutras e interessantes não diferiram entre si quanto ao grau de valência; d) os níveis de alerta foram significativamente maiores para figuras desagradáveis e interessantes do que para as positivas e neutras (que não diferiram entre si); e) o nível de alerta das figuras desagradáveis foi maior que o das figuras interessantes.

O contraste das ativações encefálicas obtidas quando os sujeitos observavam figuras positivas ou neutras revelou maior atividade para figuras positivas em regiões de processamento visual occipitotemporal, incluindo o giro occipital inferior e médio e o giro temporal médio. A amígdala esquerda também apresentou uma ativação diferencial. Como estas duas categorias de estímulos contrastadas não diferem entre si em nível de alerta, estas ativações diferenciais estão relacionadas à valência

dos estímulos. O contraste entre figuras interessantes e neutras revelou ativações nos giros occipital médio e inferior, giro fusiforme e giro temporal médio, bem como ativação da amígdala esquerda. Como estas categorias não diferem em valência, este contraste revelou ativações relacionadas ao alerta dos estímulos. No contraste entre figuras desagradáveis e neutras (ver Figura 1) foram observadas ativações em várias regiões visuais incluindo os giros occipital médio e inferior, temporal médio e fusiforme e uma ativação mais forte na amígdala esquerda. O contraste entre figuras desagradáveis e interessantes produziu uma ativação diferencial quando foi utilizado um limiar mais tolerante. Foram descritas ativações no giro lingual direito posteriormente, giro occipital inferior e giro fusiforme bilateralmente. Estes dados corroboram achados anteriores de uma maior ativação visual durante a percepção emocional comparada à visualização de estímulos neutros.^{8-12,17,19} As ativações distintas descritas acima obtidas ao contrastar condições de valência ou alerta semelhantes revelam que a valência do estímulo contribui para a ativação cortical visual. No entanto, não é necessário haver uma diferença em valência entre os estímulos para existir uma ativação visual diferencial. Diferenças no nível de alerta dos estímulos já são suficientes. Em resumo, tanto a valência quanto o alerta do estímulo contribuem para a ativação visual durante a percepção emocional.

Organização das respostas defensivas desencadeadas por estímulos ameaçadores

Os estudos discutidos anteriormente destacam que os estímulos emocionais são merecedores de uma maior ativação das áreas de processamento visual. A todo momento, os animais são confrontados com estímulos de extrema relevância biológica e a detecção destes estímulos é verdadeiramente de máxima importância para que respostas adequadas possam ser rapidamente elaboradas. As pesquisas em comportamento animal dedicaram uma atenção especial à organização do comportamento defensivo quando um organismo confronta um ambiente com uma miríade de estímulos potencialmente perigosos. Fanselow²⁰ propôs uma organização das respostas defensivas em três estágios considerando o contexto de uma presa confrontada por um predador: a) estágio de pré-encontro: quando o comportamento defensivo direcionado a um alvo ainda não foi engajado como ocorre, por exemplo, quando o animal se encontra em uma área de forragem onde predadores foram encontrados previamente; b) estágio de pós-encontro: respostas desencadeadas pela detecção de um predador distante caracterizado por focalização da atenção, desaceleração cardíaca sustentada, analgesia não-opiíde e potenciação do reflexo de sobressalto; c) estágio de ataque: comportamentos, como o ataque defensivo, que ocorrem quando há contato físico ou na iminência deste. Há uma transformação da vigilância a uma ameaça não-específica do pré-encontro, para a imobilização (freezing) no pós-encontro e a orientação a um predador específico no estágio de ataque quando o organismo está além da vigilância e engajado numa ação defensiva vigorosa. Lang et al,³ recentemente, propuseram uma adaptação deste modelo para explicar as reações psicofisiológicas humanas a estímulos desagradáveis e ameaçadores. Eles sugeriram que os

humanos, ao participarem de um experimento em laboratório, respondendo a estímulos apresentados pelo experimentador, estão operando em um estágio de resposta análogo ao pós-encontro. Como um rato em imobilização, ele está imóvel, vigilante, com a possibilidade de escape bloqueada (nesse caso, por instrução e complacência social).

Respostas defensivas em humanos enfatizadas pela apresentação de estímulos negativos

Trabalhos recentes realizados em nosso laboratório²¹ avaliaram o efeito da apresentação de figuras desagradáveis sobre as oscilações corporais. A frequência cardíaca em humanos apresentaram resultados que condizem com a proposta de Lang et al.³ Neste experimento, os voluntários permaneceram na postura ereta estática sobre uma plataforma estabilométrica durante cinco minutos enquanto observavam blocos de figuras neutras, positivas e negativas selecionadas do IAPS. Cada bloco consistia de 24 fotos da mesma categoria apresentadas por três segundos, perfazendo um total de 72 segundos de estimulação. Os períodos de visualização de figuras de uma determinada categoria foram precedidos e seguidos por telas cinzas de 20 segundos de duração. A comparação entre o bloco negativo e os blocos neutro e positivo revelou uma redução da frequência cardíaca e da amplitude de oscilação corporal. Essas diferenças persistiram durante as telas cinzas. A menor área de oscilação e a bradicardia presentes durante a visualização de figuras desagradáveis evidenciam a ativação do sistema defensivo. Estas respostas são compatíveis com o padrão esperado caso os sujeitos estivessem funcionando no estágio de pós-encontro como proposto pelo modelo adaptado para humanos por Lang et al.³

Estudos utilizando outras técnicas experimentais têm contribuído para ampliar os conhecimentos acerca da organização das respostas defensivas em humanos. Um outro estudo realizado por nosso grupo avaliou como a reatividade motora dos indivíduos poderia ser afetada pela indução de um estado emocional.²² Neste trabalho, também foram utilizadas figuras positivas, neutras e negativas selecionadas do IAPS. Medimos o tempo de reação dos voluntários em uma tarefa de detecção visual simples após a visualização de figuras de uma das categorias mencionadas anteriormente. Inicialmente, apresentávamos uma figura na tela do computador e após dois segundos esta se apagava. Imediatamente aparecia no centro da tela um ponto de fixação e 500 a 700 m depois o alvo (um círculo branco) em torno do mesmo. Os sujeitos eram instruídos a apertar uma tecla o mais rapidamente possível após a detecção do alvo. Observamos que os sujeitos eram mais lentos para responder a alvos apresentados após figuras desagradáveis do que a alvos apresentados após figuras neutras ou positivas. Este retardo nas respostas dos sujeitos ocorria mesmo quando o teste de detecção era realizado alguns segundos após o apagar da figura desagradável revelando que o processo determinante desta lentidão não é um fenômeno fásico. Retornando ao modelo adaptado para humanos proposto por Lang et al³ podemos sugerir que a visualização das figuras desagradáveis produziu nestes sujeitos uma intensificação das respostas características deste

estágio. Um aumento no nível de imobilização durante o bloco de figuras negativas poderia ser um dos fatores causadores da lentidão observada.

Conclusões

Os estímulos emocionais têm vantagem competitiva sobre os neutros no acesso aos recursos de processamento neural. Como proposto por Schupp et al,²³ o processamento sensorial de es-

tímulos afetivos parece ser facilitado por uma atenção seletiva natural que opera em níveis precoces do processamento sensorial. Como a função fundamental da emoção é a preparação para a ação, esta codificação eficiente dos estímulos é primordial para o sucesso na organização de estratégias comportamentais adequadas. A detecção destes estímulos afetivos desencadeia o engajamento dos sistemas motivacionais ativando programas de ação específicos.

Referências

- Schneirla T. An evolutionary and developmental theory of biphasic processes underlying approach and withdrawal. In: Jones M, editor. Nebraska Symposium on Motivation. Lincoln: University of Nebraska Press; 1959. p. 1-42.
- Campbell BA, Gwendolyn W, McBride T. Origins of orienting and defensive responses: an evolutionary perspective. In: Lang PJ, Simons RF, Balaban M, editors. Attention and orienting. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates Inc; 1997.
- Lang PJ, Bradley MM, Cuthbert BN. Motivated attention: affect, activation, and action. In: Lang PJ, Simons RF, Balaban MT, editors. Attention and orienting: sensory and motivational processes. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates; 1997. p. 97-135.
- Osgood C, Suci GL, Tannenbaum P. The measurement of meaning. Urbana: University of Illinois; 1957.
- Cacioppo JT, Berntson GG. Relationships between attitudes and evaluative space: a critical review with emphasis on the separability of positive and negative substrates. Psychol Bull 1994;115:401-23.
- Ohman A, Flykt A, Esteves F. Emotion drives attention: detecting the snake in the grass. J Exp Psychol Gen 2001;130:466-78.
- Felleman DJ, Van Essen DC. Distributed hierarchical processing in the primate cerebral cortex. Cerebral Cortex 1991;1:1-47.
- Lane RD, Reiman EM, Bradley MM *et al*. Neuroanatomical correlates of pleasant and unpleasant emotion. Neuropsychologia 1997;35:1437-44.
- Lane RD, Chua PM, Dolan RJ. Common effects of emotional valence, arousal and attention on neural activation during visual processing of pictures. Neuropsychologia 1999;37:989-97.
- Lang PJ, Bradley MM, Fitzsimmons JR *et al*. Emotional arousal and activation of the visual cortex: an fMRI analysis. Psychophysiology 1998;35:199-210.
- Morris JS, Friston K, Buchel C *et al*. A neuromodulatory role for the human amygdala in processing emotional facial expressions. Brain 1998;121:47-57.
- Taylor SF, Liberzon I, Koeppe RA. The effect of graded aversive stimuli on limbic and visual activation. Neuropsychologia 2000;38:1415-25.
- Center for the Study of Emotion and Attention. The International Affective Picture System: Digitized photographs. 1999. Gainesville, FL, University of Florida, The Center for Research in Psychophysiology.
- Lang PJ, Bradley MM, Cuthbert B. The international affective picture system (IAPS): Photographic slides. The Center for Research in Psychophysiology, Gainesville: University of Florida; 1995.
- Lang PJ, Bradley MM, Cuthbert B. International affective picture system (IAPS): Instruction Manual and Affective ratings. Gainesville: University of Florida; 1999.
- Anderson AK, Phelps EA. Lesions of the human amygdala impair enhanced perception of emotionally salient events. Nature 2001;411:305-9.
- Pessoa L, McKenna M, Gutierrez E, Ungerleider LG. Neural processing of emotional faces requires attention. Proc Natl Acad Sci U S A 2002;99:11458-63.
- Mourao-Miranda J, Volchan E, Moll J, Oliveira-Souza R, Oliveira L, Bramati I, Gattass R, Pessoa L. Contributions of stimulus valence and arousal to visual activation while viewing emotion-laden stimuli Neuroimage 2003. *In press*
- Bradley MM, Sabatinelli D, Lang PJ, Fitzsimmons JR, King W, Desai P. Activation of the visual cortex in motivated attention. Behav Neurosci 2003;117:369-80.
- Fanselow MS. Neural organization of the defensive behavior system responsible for fear. Psychonomic Bull Rev 1994;1:429-38.
- Azevedo TM, Volchan E, Rodrigues EC, Pantoja ALH, Imbiriba LA, Oliveira JM, Lutterbach LG, Franca JG, Vargas CD. Cardiac and postural modulation by affective pictures in humans. Society for Neuroscience 32nd Annual Meeting 2002. Orlando, Florida.
- Pereira MG, Volchan E, Machado-Pinheiro W, Oliveira L, Rodrigues JA, Nepomuceno FVP, Pessoa L, Gawryszewski LG. Unpleasant pictures induce a prolonged increase in manual reaction time. Society for Neuroscience 31st Annual Meeting 2001. San Diego, California.
- Schupp HT, Jonghöfer M, Weike AI, Hamm AO. Emotional facilitation of sensory processing in the visual cortex. Psychol Sci 2003;14:7-13.

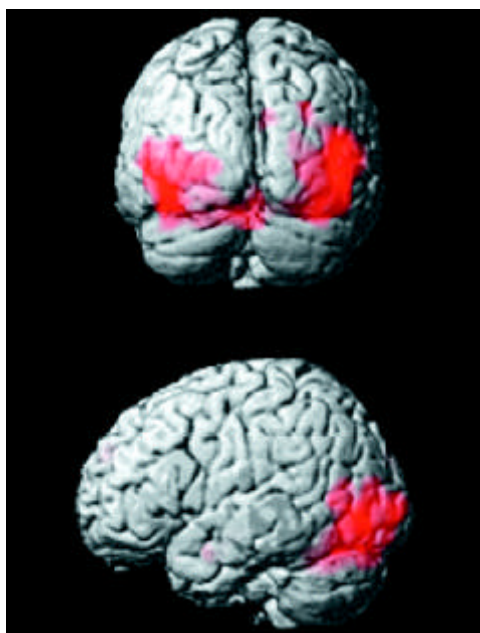
Correspondência: Eliane Volchan

Laboratório Neurobiologia II, Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho.

CCS BLG Ilha do Fundão - 21949-900 Rio de Janeiro, RJ, Brasil

E-mail: evolchan@biof.ufrj.br

Anexo



Processamento cerebral de estímulos emocionais - p. 29-32

Figura - Contraste entre as ativações cerebrais obtidas durante a visualização de figuras negativas e neutras. As áreas coloridas revelam sítios de maior ativação para as figuras negativas.