



# Integração sensório-motora e psicopatologia

Para entender o funcionamento do cérebro é fundamental conhecer como o sistema nervoso central (SNC) identifica e integra informações. Estudiosos têm apostado no entendimento do processo de integração sensório-motora como o ponto-chave para desvendar alguns dos principais transtornos psiquiátricos, tais como esquizofrenia, doença de Alzheimer e autismo. Há séculos esses distúrbios têm sido alvo de discussão e investigação, mas até hoje as descobertas não se mostraram conclusivas. Atualmente, os novos conhecimentos desvendam os caminhos de como o cérebro trabalha para integrar dados sensoriais e transformá-los em resposta motora. Tais descobertas estão sendo vistas com esperança e se apresentam como uma porta promissora para desvendar os mecanismos centrais

**Para desempenharmos tarefas aparentemente simples, como pegar um copo d'água, o cérebro precisa combinar inúmeras informações; falhas nesse processo ou disfunções neurais podem ajudar a compreender aspectos da esquizofrenia, do Alzheimer e do autismo**

POR **BRUNA VELASQUES,**  
**SERGIO MACHADO,**  
**MARLO CUNHA E PEDRO RIBEIRO**

desses transtornos. A integração de informações oriundas de múltiplos canais sensoriais permite o desempenho adequado de diversas tarefas do dia a dia – e a conexão adequada é extremamente importante para o cumprimento de metas específicas e conseqüentemente para a coordenação de gestos motores simples e complexos.

A interação entre processos sensitivos e perceptivos é fundamental na execução do ato motor. Na simples tarefa de pegar um copo d'água, por exemplo, inúmeras informações – como tamanho e forma do objeto, localização espacial, velocidade do braço, posicionamento no espaço, textura e tato – são requisitadas para a execução desse ato. Essa complexa equação nos permite criar uma linguagem única, partindo da combinação de diferentes

fontes sensoriais, transformadas posteriormente em comandos motores. Falhas ou disfunções em qualquer etapa desse processo podem interferir na elaboração neural. Inúmeras evidências sobre o envolvimento do sistema sensorial na patofisiologia de certos distúrbios demonstram a importância do entendimento do processo de integração sensorio-motora nessas patologias.



## Inúmeras informações, como tamanho, localização e forma de um objeto, compõem uma complexa equação, fundamental para a execução de um simples gesto

### SOBRE ESQUIZOFRENIA

Como assinala o professor Irwin Feinberg, do Departamento de Psiquiatria da Universidade da Califórnia em Davis, o monitoramento central (consciente ou não) dos sinais eferentes – relacionados às intenções motoras, que conduzem estímulos do sistema nervoso central para órgãos como músculos e glândulas – auxilia na explicação de um funcionamento comprometido em pacientes esquizofrênicos. O processo de integração e suas possíveis falhas, entretanto, por muitos anos foram negligenciados. No entanto, recentemente tem aumentado o interesse de diversos laboratórios de pesquisa para tal tema. Uma das vias utilizadas para estudos é o entendimento de disfunções ocorridas

em alguma fase do processo. Um exemplo é a tentativa de compreender comportamentos motores em pessoas com esquizofrenia, conforme estudo conduzido por pesquisadores do Departamento de Psiquiatria do Hospital Universitário de Groningen, na Holanda, em 2000, que relatou uma deficiência na sincronia motora e déficits generalizados na coordenação do controle motor voluntário de pessoas com esquizofrenia.

Diversos pesquisadores associam parte dos sintomas da psicopatologia com uma falha na decodificação da informação sensorial para a ação motora. Acredita-se que esse problema cause um atraso nos mecanismos antecipatórios e na reação a estímulos do ambiente, fazendo com que o tempo de resposta seja maior que o esperado

pelo sistema cerebral, contribuindo assim para a desorganização dos processos mentais. Em experimento realizado no Instituto Nacional de Saúde e Pesquisa Médica, em Estrasburgo, na França, o grupo coordenado pela pesquisadora Yvonne Delevoeye-Turrell verificou que pacientes esquizofrênicos têm um desempenho pior que indivíduos sem esse diagnóstico na execução de tarefas como elevar objetos e

bater, porém não no desempenho de atividades que exigem resistência. Esses resultados foram interpretados como déficit motor, sugerindo que a falha na decodificação de informação sensorial na esquizofrenia afeta não só a antecipação do gesto em si, mas também o sequenciamento das ações.

Também são apresentadas por esquizofrênicos as chamadas ações autogeradas, que envolvem processos centrais de integração sensorio-motora responsáveis por “supervisionar” a entrada de estímulos sensoriais e certificar que a produção dos movimentos corresponde a nossas intenções. Esse mecanismo age automaticamente em condições normais e sempre se torna consciente em condições de divergência durante o desempenho da ação entre reaféncias sensorio-motoras. Já é bem estabelecido na literatura que tanto os processos sensorio-motores como a habilidade para prever as consequências de nossas próprias ações envolvem um modelo de ação baseado em cópias aferentes. Nesse sentido,

sintomas como ilusões de controle ou inserções de pensamento apresentados pelos pacientes esquizofrênicos surgem devido a uma deficiência no modelo de ação, e principalmente em razão da falta de consciência de certos aspectos do domínio motor.

### MEMÓRIA E ALZHEIMER

Outra patologia que tem sido alvo de estudos e pesquisas envolvendo aspectos da integração sensorio-motora é o Alzheimer. No caso específico dessa doença a investigação do processo de integração tem sido focada na perda de certos tipos de memórias, enquanto outros permanecem relativamente intactos. Em fases iniciais, o paciente tem a memória explícita (consciente e imediata) altamente prejudicada, em contraste com estágios avançados, em que o dano atinge também a memória implícita (não consciente). Especificamente, a memória implícita é responsável por informações que são adquiridas pelas experiências nas quais há um primeiro contato com a nova informação (*priming*), por meio de condicionamentos (clássico ou operante), habituação ou procedimentos. Dessa forma, uma espécie de “banco de dados” com tais vivências é construído e informações recentes são comparadas com anteriores. Para o sucesso nessa comparação é necessário que não haja disfunções nos mecanismos de integração sensorio-motora. No caso do Alzheimer, já foi demonstrado que na fase mais avançada da doença há perdas no mecanismo de retroalimentação, baseado em movimentos guiados por dicas visuais (*feedback* visual).

Esses mecanismos são baseados na integração visuomotora e contribuem para melhorar a relação do indivíduo com o meio a sua volta. Isso porque a execução de movimentos simples, como se locomover e apanhar objetos, depende da atualização constante de informação sensorial, em especial

a visual. Por exemplo, movimentos executados sem *feedback* visual mostram vieses direcionais sistemáticos que dependem da posição inicial da mão com respeito à linha média do corpo. Observar a mão antes do movimento é necessário para atualizar a representação interna do início do gesto no seu raio de ação e planejar a direção na qual será executado. Com isso em mente, o grupo da pesquisadora Maria Felice Ghilard, do Instituto Científico San Raffaele, da Universidade de Milão, conduziu uma pesquisa para investigar como déficits de memória em pacientes com Alzheimer interferem no planejamento e na execução de movimentos. Nove pacientes e nove voluntários do grupo de controle moveram um cursor em direção a alvos sem ver seus próprios membros. O início e os alvos eram sempre visíveis em uma tela durante o movimento; já a posição do cursor às vezes era visível, outras vezes apagada. Os caminhos traçados pelos pacientes seguiram rotas descontínuas e o movimento foi prolongado e impreciso, aumentando sem o *feedback* visual.



OBSERVAR A MÃO ANTES DO MOVIMENTO atualiza representação da ação

## PARA ENTENDER MELHOR

**Integração sensorio-motora:** capacidade do sistema nervoso central (SNC) de reunir informações captadas pelos sentidos, com o objetivo de assistir e aprimorar a execução de atos motores.

**Memória explícita (ou declarativa):** voltada para fatos e eventos como a lembrança de datas, números de telefone; é evocada por meio de palavras (daí o termo declarativa).

**Memória implícita (ou não-declarativa):** inclui conhecimentos motores e sequências de ações que se tornam automáticas, como dirigir e andar de bicicleta. Em geral requer treino para ser adquirida, mas é duradoura.

**Neurônios-espelho:** grupos específicos de células neurais nos fazem imitar tanto movimentos quanto sentimentos de nossos semelhantes, disparando cargas elétricas no cérebro não somente quando executamos determinada ação, mas também quando observamos alguém realizá-la.

Foi observada uma correlação significativa com valores de escalas e aspectos como severidade da doença, memória de trabalho e atenção.

Outra evidência de conflitos na integração sensorio-motora vem de recentes resultados que demonstraram que a interação entre informações oculares e do movimento manual pode ser prejudicada nesses pacientes.

### NEURÔNIOS-ESPELHO

Da mesma forma que a esquizofrenia e a doença de Alzheimer, o autismo é um distúrbio complexo caracterizado por um marcado prejuízo no processo de integração sensorio-motora. Entre seus sintomas estão o repertório restrito de atividades e interesses, movimento repetitivo e hipersensibilidade para certos sons. Uma interrupção no desenvolvimento neural parece comprometer a conectividade funcional que garante a capacidade para coordenar a produção de comportamentos complexos. Uma conexão anormal de regiões cerebrais poderia ter maior impacto na função do córtex de associação unimodal porque sua contribuição para comportamentos adaptáveis depende muito da integração e interdependência de funções dos sistemas mais complexos e amplamente distribuídos do cérebro. Enquanto tal déficit do sistema neocortical poderia explicar prejuízos cognitivos, comportamentos adaptativos afetariam outros sistemas dependentes, tais como os que executam transformações sensorio-motoras.

Essa integração compreende aspectos tanto neurofisiológicos quanto anatômicos que podem ser quantificados. Embora muitas teorias tentem explicar

## Ilusões de controle ou de pensamento apresentadas por pacientes esquizofrênicos surgem devido a uma deficiência de modelos



**PEGAR O COPO:** informações vindas de múltiplos canais sensoriais permitem o desempenho adequado de tarefas

um ou mais desses prejuízos, próprios do autismo, são as hipóteses mais parcimoniosas que podem associar danos neuroanatômicos e funcionais aos múltiplos problemas de comportamento do espectro autista. Uma recente teoria sugere que a disfunção dos neurônios-espelho é responsável pelos déficits desses pacientes. Por definição, esse sistema espelho é composto por um grupo de neurônios encontrados no cérebro de animais e seres humanos que “disparam” quando o indivíduo observa ação desempenhada por outro de sua espécie. Neurocientistas como

Vilayanur S. Ramachandran, pesquisador do Centro para Cérebro e Cognição, da Universidade na Califórnia em

San Diego, acreditam que esse sistema é bastante relevante nos processos de imitação, formação da linguagem e inserção na cultura.

Atualmente, grande número de evidências indica a ligação entre a teoria e a disfunção no sistema de neurônios-espelho para os déficits comportamentais no autismo. Estudos demonstraram recentemente que, durante a observação e execução de ações complexas, pacientes com a síndrome não puderam ativar os músculos por meio de retroalimentação. Por exemplo, enquanto crianças saudáveis acessam regiões relacionadas à ação motora ligada à ingestão de alimentos (como pegar a comida) essa atividade não é observada em autistas, o que pode explicar por que estes últimos têm tanta dificuldade em compreender intenções alheias.

Essas questões foram geradas por um estudo com ressonância magnética cerebral (RMf) que comparou a capacidade de imitar expressões faciais de emoção em sujeitos autistas em comparação a pessoas saudáveis. Foram observadas fortes evidências a favor de um déficit do mecanismo espelho em autistas, que apresentavam ativação mais fraca no giro frontal inferior (GFI). Além disso, foi constatada atividade mais pronunciada em crianças com a síndrome em áreas motoras da face durante a tarefa de imitação. Por



**EM SINTONIA:** neurônios encontrados no cérebro de animais e de seres humanos “disparam” quando o indivíduo observa ação realizada por outro de sua espécie; sistema é relevante para imitação, formação da linguagem e inserção na cultura

último, autistas demonstraram maior atividade nas regiões visual direita e parietais anteriores esquerdas, moduladas por estímulos visuais e atenção motora. Esses resultados sugerem que, embora ambos os grupos executassem a tarefa de imitação como lhes foi solicitado, o padrão de estratégias neurais adotado pelos dois grupos de participantes do estudo foi bastante diferente. Os voluntários saudáveis dependem do espelhamento do mecanismo neural localizado no hemisfério direito, que interage com o sistema límbico pela ínsula de acordo com o significado da emoção que é proporcionada pela ação imitada. Aparentemente, esse mecanismo especular não está acessível em crianças autistas; elas adotam uma estratégia de atenção visual e motora alternativa aumentada, em especial, pela emoção não vivenciada.

Além disso, diferentemente de meninos e meninas com desenvolvimento normal, autistas tendem a não imitar outros sujeitos quando observam suas expressões faciais. Tal fato é possivelmente atribuído a uma deficiência no mecanismo de neurônios-espelho em sobrepor os movimentos de outra pessoa. A percepção de uma ação feita por

outro parece interromper o sistema motor de um observador em desenvolvimento, em contraste com o que se dá com crianças com autismo. Esse achado sugere que nelas o sistema de neurônios-espelho esteja inativo durante a observação de ações e o entendimento imediato da experiência das intenções de outros esteja ausente.

### PARA CONHECER MAIS

**Understanding emotions in others: mirror neuron dysfunction in children with autism spectrum disorders.** M. Dapretto, M. S. Davies, J. H. Pfeifer *et al.*, em *Nat Neurosci*, págs. 9:28-30, 2006.

**Explaining the symptoms of schizophrenia: Abnormalities in the awareness of action.** C. D. Frith, S. Blakemore e D. Wolpert, em *Brain Research Reviews*, págs. 31:357-363, 2000.

**Impaired movement control in Alzheimer's disease.** M. F. Ghilard, M. Alberoni, S. Marelli, M. Rossi, M. Franceschi, C. Ghez e F. Fazio, em *Neurosci Lett*, págs. 260: 45-48, 1999.

**Alzheimer's disease and implicit memory.** S. Machado, M. Cunha, D. Minc, C. E. Portella, B. Velasques, F. Basile, M. Cagy, R. Piedade e P. Ribeiro, em *Arq Neuropsiquiatr*, págs. 67:334-342, 2009.