

O CONCEITO DE DOMINÂNCIA CEREBRAL REVISITADO

*Alexandre Castro-Caldas**

Faz parte da natureza humana a preocupação sobre a simetria do Universo e dos seus constituintes. Esta preocupação é de certo ditada pela própria constituição simétrica da maioria dos seres vivos, forçando cada metade do corpo a sentir o mundo da mesma forma, para assim o identificar como um todo. Na verdade, dispomos de sensores do mundo, simétricos, recebendo em cada momento sinais diferentes de cada lado que integramos num todo coerente. A recepção de sinais idênticos mas em simetria constitui o modelo de máxima sintonia do corpo com o exterior e, provavelmente por isso, apreciamos as formas simétricas.

Esta aptidão própria da nossa natureza, quando se confronta com a análise do corpo humano, tranquiliza-se nos elementos anatómicos exteriores mas sobressalta-se com a constatação da assimetria anatómica das vísceras e mais ainda com a da assimetria funcional expressa no movimento.

É talvez mais importante este último elemento. O movimento é sinal de vida e nele procurou a humanidade o sentido das coisas. À tranquilidade da convivência entre o direito e o esquerdo na anatomia estática do exterior do corpo contrapôs-se o conflito da sua dinâmica: a metade direita do corpo não se comporta como a metade esquerda.

Os nossos antepassados não entendiam como hoje a relação entre o cérebro e as diversas funções, nomeadamente o movimento e, por isso, nunca se preocuparam em estabelecer uma teoria biológica com base na função cerebral para explicar este fenómeno. Como todas as coisas que acontecem no mundo e se não compreendem, consideravam que a opção por uma das mãos para a realização de algumas tarefas era ditada por vontade de uma ordem Universal que os transcendia. Assim, aqueles que

* Professor de Neurologia. Director do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Católica Portuguesa. Unidade Neurológica de Investigação Científica do I.M.M. Faculdade de Medicina de Lisboa. Colaborador da ESSA.

Re(habilitar) – *Revista da ESSA*, n.º 0, Edições Colibri, 2004, pp. 17-33.

optavam pela mão esquerda para a realização das tarefas consideradas nobres eram discriminados, quase sempre negativamente, por constituírem óbvia minoria. O Direito e o Esquerdo, o Dextro e o Canhoto, entram, assim, no rol das dicotomias que também por instinto natural do pensamento os humanos gostam de coleccionar. Os conceitos de Bem e de Mal encabeçam em geral este coleccionismo, constituindo-se em marcadores. Devendo o Bem ser a regra e o Mal a excepção, não espanta que o canhotismo tenha sido sempre encarado com desconfiança na mitologia individual que tantas vezes nos enviesa o pensamento. São estes aspectos do pensamento humano que interessa ter em linha de conta quando reflectimos sobre a história deste conceito, e não podemos também esquecer que arrastamos connosco as crenças do passado quase como parte integrante da nossa forma intuitiva de observar o mundo.

Porém, ocupar o lado esquerdo do corpo nem sempre foi sinal de discriminação. Na anatomia interna do corpo humano não existe simetria e Aristóteles afirmou que o coração é o órgão primordial para a definição do *proprium* porque tem uma posição central no corpo, atribuindo a este facto o valor de argumento para menosprezar a função do cérebro, mas a verdade é que ele está colocado do lado esquerdo. Devemos lembrar que em casos raríssimos a natureza inverte o corpo, havendo indivíduos em que os órgãos internos se distribuem em espelho face aquilo que é mais corrente e assim podem viver toda a vida se ninguém tiver necessidade de lhes explorar o organismo.

A quebra da simetria anatómica externa pode até ser a regra para alguns seres vivos. Há peixes que tem a forma plana e dois olhos na mesma face e caranguejos com uma só pinça. Quanto ao movimento, também no reino animal se encontram preferências, muitos primatas utilizam predominantemente uma das mãos e podem encontrar-se exemplos de preferência em múltiplos níveis, até no movimento helicoidal de crescimento das plantas trepadeiras ao longo de uma guia. As razões das preferências são contudo diversas e encontram decerto explicação em mecanismos de dimensão molecular que não podemos ainda concatenar de forma organizada.

A emergência da lateralidade

Como terá então evoluído, na espécie humana, esta diferença tão marcada entre o movimento dos dois lados do corpo. Importa, em primeiro lugar, salientar que os movimentos do corpo humano podem ser realizados com intenções distintas, resultando, por isso, de mecanismos cerebrais distintos. Para além de existir um substracto biológico para o movimento da mão direita ou do pé esquerdo, existe também um substracto biológico para o tipo de movimento realizado com a mão direita ou

com o pé esquerdo, cuja actividade precede a actividade dos mecanismos específicos de cada segmento do corpo. Os movimentos da marcha ou da corrida são diferentes dos de subir uma escada ou dar um pontapé numa bola. Correr e andar numa superfície plana corresponde a um procedimento motor muito automático enquanto que os outros movimentos pressupõem uma programação específica relacionada com o objectivo particular a atingir. Por outro lado, podemos também considerar que existem movimentos destinados à exploração do meio e outros realizados com objectivos específicos. Para explorar o meio ambiente os movimentos são de varrimento de um espaço destinado a pôr os sensores em contacto com os estímulos do meio ambiente. Não há planeamento prévio, abstracto ou imagético, do movimento, o plano vai surgindo à medida que as informações vão sendo recebidas. Em contrapartida os movimentos planeados resultam ou de um pressuposto de carácter simbólico – dizer adeus ou ameaçar à distância – ou de um pressuposto de natureza icónica. Quer isto dizer que existe uma memória do movimento associada a um determinado objecto. O confronto com esse objecto ou a simples evocação da sua memória arrasta a evocação da memória do movimento necessária para o utilizar (Rothi & Heilman, 1997).

Importa considerar que os conhecimentos actuais da função cerebral relacionados com o movimento demonstraram que o suporte biológico dos movimentos de carácter exploratório se encontra predominantemente no hemisfério direito, enquanto que o que respeita aos movimentos pré-programados se encontra no hemisfério esquerdo (Gitelman *et al.*, 1996). Estes mecanismos precedem a activação das áreas motoras e por isso são independentes do lado do corpo com que é realizada a acção. É evidente que a área do córtex cerebral motor contralateral ao lado do corpo envolvido no movimento estará sempre envolvida como foi dito atrás. Fingir que utilizamos uma tesoura activará o hemisfério esquerdo (em regiões parietais e frontais) qualquer que seja a mão utilizada e também as áreas motoras esquerdas se fôr a mão direita a escolhida ou então as áreas motoras direitas se fôr a mão esquerda.

Não são só os estudos realizados com as novas técnicas de imagem funcional do cérebro que nos ajudam a compreender este processo, também o estudo de doentes com lesão cerebral nos tinha já informado de que assim seria. Na verdade, uma lesão hemisférica direita provoca inatensão para o lado esquerdo deixando de haver actividade motora exploratória para esse lado, por outro lado, as lesões hemisféricas esquerdas têm tendência a provocar apraxia, o que significa incapacidade de realizar movimentos aprendidos previamente.

Mais adiante discutiremos em maior detalhe estas diferenças no que respeita ao facto de haver mecanismos diferentes distribuídos pelos dois hemisférios cerebrais. Interessa-nos agora utilizar estes conhecimentos

para tentar compreender a questão da emergência da lateralidade na espécie humana. Compreende-se que nas formas mais primitivas da existência, como ainda hoje se pode observar na grande maioria das espécies animais não humanas os movimentos realizados destinam-se à actividade exploratória à procura de comida ou actividades de interacção social de acasalamento ou de agressão. Estas duas últimas, sendo embora muitas vezes pré-programadas, são sobretudo de carácter simétrico e axial, não havendo necessidade de lateralização do movimento.

Em determinado momento a espécie humana desenvolveu a capacidade de utilizar instrumentos, e até de os fabricar, copiando os indivíduos, de uns para outros, os gestos apropriados. A construção de um instrumento pressupõe a aprendizagem da sequência dos gestos necessários para o fazer. Este movimento resultará então de mecanismos sediados no hemisfério esquerdo. Por esta razão, o lado direito do corpo passou a ser o preferido para a realização das tarefas deste tipo pois a ligação entre as áreas cerebrais envolvidas é mais curta. Não podemos esquecer que toda a actividade cerebral tende a ser económica e, por isso, quanto menos neurónios estiverem envolvidos num determinado processamento menos consumo de energia haverá.

A primeira proposta científica para explicar o fenómeno

Embora o reconhecimento da assimetria funcional entre os dois lados do corpo fosse do domínio do saber comum, só quando começou a elaborar-se uma teoria da função cerebral, que constituiu o embrião do que hoje sabemos, é que foi possível compreender na profundidade a natureza do fenómeno. No final do século XVIII e princípio do século XIX a Frenologia foi a teoria da função cerebral que mais se divulgou. Propunha esta teoria a existência de múltiplos órgãos cerebrais responsáveis por aptidões específicas. Nessa altura fizeram-se os primeiros mapas de localizações cerebrais. Porém, os autores da época consideravam que havia simetria entre os dois lados do cérebro e cada órgão tinha o seu homólogo do outro lado que carecia de equilíbrio funcional. As alterações surgiram após as lesões porque se registava desequilíbrio.

Foi na sequência do desenvolvimento destes modelos interpretativos da função cerebral que surgiu pela primeira vez a ideia de estudar os casos de lesão cerebral. Em Paris Boulliaud propôs a Broca que estudasse doentes que tivessem perdido a linguagem na sequência de lesões cerebrais. Embora Broca se quisesse distanciar da teoria frenológica um pouco enxovalhada pelo excesso de popularidade que nos meados do século XIX adquiriu, não deixou de ser influenciado por essa forma de concepção da função cerebral. Começou por descrever o primeiro caso,

do doente Leborgne, que apresentava uma lesão no pé da terceira circunvolução frontal. Na descrição deste caso Broca nunca menciona os órgãos frenológicos e afirma que se trata de uma nova forma de conceber a função do cérebro baseada nas circunvoluções. Assim, afirmou o envolvimento daquela região do córtex cerebral que era visível à simples inspecção externa do cérebro nos processos da fala, razão porque hoje recebe o nome de área de Broca. Porém, este facto não constitui matéria de progresso significativo no conhecimento pois na essência em nada diferia daquilo que estava dado por adquirido pela teoria frenológica. O progresso registou-se mais tarde quando, depois de reunir mais casos com lesões hemisféricas esquerdas e alterações de linguagem, Broca afirmou: «Falamos com o hemisfério esquerdo». Este foi o primeiro momento da descoberta científica da assimetria funcional baseado no modelo lesional.

É hábito relatar a história da intervenção da família de Mark Dax em defesa da descoberta feita por este autor. Na verdade Dax tinha publicado um texto, alguns anos antes, em que chamava a atenção para o facto de haver uma relação entre o defeito motor dos membros direitos e a perturbação da linguagem. Como Benton (1997) chamou atenção há alguns anos, a constatação desta associação era antiga mas não integrada numa interpretação de carácter científico. Nos próprios salmos da Bíblia se faz alusão a este facto. A importância do achado de Broca é o ter aberto uma nova página da história da função cerebral sugerindo a existência de dois cérebros: um dominante porque era responsável pela mais nobre e distintiva função humana – a linguagem – e outro menor, responsável por funções que na época eram insuspeitadas mas que nos aproximariam do homem primitivo.

É importante salientar que os achados de Broca sucederam poucos anos após a publicação do celebrado livro de Darwin, *A Origem das Espécies* (Darwin, 1859). Natural se torna compreender que para os mais esclarecidos e conhecedores, a dominância cerebral era um traço fundamental do processo de evolução das espécies, sendo o hemisfério esquerdo e as suas funções a novel aquisição da espécie humana que a distinguiu das restantes espécies da Natureza.

Assim se configurou e estabeleceu o conceito de dominância cerebral no domínio do saber científico.

Alguns aspectos da biologia que podem justificar a assimetria funcional

A formação dos hemisférios cerebrais resulta da multiplicação, migração e diferenciação das células que constituem a crista neural embrionária. Durante muito tempo desconheceram-se as regras que pau-

tavam esse processo. Hoje conhecem-se já muitos dos mecanismos que permitem compreender a razão porque uma determinada célula se encontra num determinado local. Um dos determinantes mais estudados neste domínio com interesse para a discussão do tópico de que estamos a tratar é o sistema endócrino. O sistema endócrino é um sistema de sinalização orgânico, baseado na libertação na circulação sanguínea de moléculas com acções diversas em órgãos alvo. A hipófise que se encontra na caixa craniana, por exemplo, produz, entre outros, a hormona do crescimento que vai ter uma acção fundamental no crescimento de todos os ossos; as glândulas supra-renais produzem outras hormonas como o cortisol que têm uma acção determinante em múltiplos sistemas do organismo. No caso da formação dos hemisférios cerebrais são as hormonas sexuais que mais importam.

Em ratos da estirpe Long-Evans ficou claramente provado que os níveis de testosterona (hormona masculina) circulantes actuando sobre os receptores dos estrogeneos assimetricamente distribuídos nos dois hemisférios tinha um papel determinante na configuração morfo-funcional do cérebro (Lewis & Diamond, 1995). A influência desta hormona foi também já estudada no comportamento humano. Foi feita a correlação entre os níveis de testosterona encontrados no líquido amniótico, analisado aquando da realização de amniocentese para despiste de eventuais malformações fetais durante a gestação, e as capacidades executivas em diversos domínios cognitivos. Isto foi feito estudando já na idade escolar as crianças nascidas dessas gestações que acabaram por se revelar normais. As amostras de líquido amniótico relativas à gestação dessas crianças, que estiveram congeladas durante alguns anos, puderam ser analisadas quando as crianças frequentavam já a escola com rendimento normal. Foi possível demonstrar que os níveis mais elevados de testosterona se correlacionavam com a maior facilidade de realizar operações visuo-espaciais e com o menor domínio das capacidades verbais. Sabendo que as primeiras se relacionam com a função do hemisfério direito e as segundas com a do esquerdo fácil se torna suspeitar que os níveis hormonais durante a gravidez são importantes para a determinação das funções. Estes resultados foram obtidos independentemente do género da criança. Embora a testosterona seja a hormona masculina ela existe também mensuravelmente no sexo feminino e por isso as diferenças de desempenho se encontraram tanto em rapazes como em raparigas.

Do ponto de vista anatómico sabemos bem, desde os tempos de Broca, que se discutia a assimetria dos lobos frontais. Gratiolet (ver Harrington, 1995) considerava que o lobo frontal esquerdo era mais desenvolvido do que o direito acontecendo o inverso no que respeita ao lobo occipital. Contudo, nessa época, dava-se sobretudo importância à função da linguagem, que na tradição frenologista estaria no lobo frontal,

e por isso não se ligou tanta importância aos achados relativos às regiões posteriores do cérebro nem ao papel que as lesões hemisféricas direitas tinham na determinação de alterações visuo-espaciais. Apenas Jackson em 1876 chamou a atenção para este facto, no entanto, só no ano seguinte Munk viria a relacionar o lobo occipital com a funções visuais.

Importa contudo salientar que todo este ruído acerca da assimetria anatómica e a assimetria funcional, nascido na segunda metade do século XIX, viria a ser reactivado na segunda metade do século XX pela mão de Norman Geschwind. Este autor trouxe da literatura alemã para a anglosaxónica a discussão dos diferentes síndromes de disfunção cognitiva resultantes das lesões cerebrais e deu-lhes uma interpretação global num artigo que é hoje considerado um clássico da literatura neurológica: *Disconnection syndromes in animals and man* (Geschwind, 1965). Na sequência deste trabalho este autor reestudou as assimetrias anatómicas entre os dois lados do cérebro chamando a atenção sobretudo para a assimetria do *planum temporale*, que corresponde ao córtex cerebral da porção intrasyllivius do lobo temporal (Geschwind & Levitsky, 1968). Neste caso a área desta região cortical era maior do lado esquerdo. Por outro lado a inclinação do rego de sylvius é também diferente à direita e à esquerda (ver Geschwind & Galaburda, 1984). Por outro lado, nas imagens de Tomografia Axial Computorizada foi possível identificar um padrão de assimetria de alta frequência. Analisando o corte de tomografia que passa ao nível da glândula pineal em planos paralelos ao plano órbito-meatal verifica-se que o lobo frontal direito é mais proeminente que o esquerdo registando-se o inverso na região occipital em que o lobo esquerdo é mais proeminente que o direito. Estes achados são consistentes entre os vários estudos realizados (LeMay & Kido, 1978) mas, curiosamente, contradizem o que estava afirmado pelos anatomistas do tempo de Broca que chamavam a atenção para uma diferença exactamente oposta. Deve salientar-se que é muito difícil estudar estas assimetrias no cérebro de cadáver como foi feito há mais de um século. O cérebro estudado em autópsia recente tem pouca dureza e por isso só depois de fixado em formol, ou de outra forma, pode ser analisado em maior rigor. Ora o processo de fixação pode alterar as dimensões, distorcendo o órgão. É interessante, contudo, notar a vontade de demonstrar que a linguagem estava no lobo frontal do hemisfério esquerdo prevaleceu à frieza da observação rigorosa.

Reconhecidas as assimetrias anatómicas de imediato se tentou encontrar para elas uma justificação funcional. A primeira que naturalmente se perfilou para análise foi a lateralidade motora. Contudo, ainda hoje é difícil de dizer se existe alguma relação entre os dois factos visto que existem estudos que sugerem uma associação e outros que são considerados negativos (ver LeMay, 1984). Por outro lado tentou-se estabele-

cer uma relação com os processos relacionados com a linguagem. Henderson e colaboradores (1985) reuniram todos os casos publicados na literatura com afasia cruzada (que corresponde ao defeito de linguagem resultante de lesão hemisférica direita em indivíduos dextros) e mediram as tomografias computadorizadas que estavam disponíveis nos artigos. Puderam, assim, verificar que não havia nenhuma relação entre os dois factos. Porém, pensámos que esses autores tinham cometido o mesmo erro de Broca, isto é, pensar exclusivamente no problema da linguagem. É sabido que a maioria dos casos de afasia cruzada apresenta sinais de disfunção visuo perceptiva configurando o síndrome de «neglect» (ver Castro-Caldas *et al.*, 1987). Isto pode significar que o hemisfério direito destes doentes é responsável tanto pelas funções que habitualmente lhe competem como por aquelas que geral dependem do hemisfério esquerdo. Contudo, nem todos os casos de afasia cruzada têm alterações visuo-perceptivas sugerindo então que pode haver casos de inversão total de organização funcional. Com esta ideia revimos todos os casos estudados por Henderson e verificámos que havia uma melhor correlação das assimetrias com a presença ou ausência de «neglect» (Castro-Caldas *et al.*, 1985).

Importa portanto concluir que os hemisférios cerebrais não são órgãos pares nem do ponto de vista funcional nem do ponto de vista anatómico e que essa assimetria funcional tem que ser conhecida e compreendida na sua essência.

O contributo da calosotomia

A secção cirúrgica do corpo caloso para o tratamento da epilepsia resistente à terapêutica médica começou a ser feita, em casos raros, em meados do século XX. Cedo se compreendeu que constituía na realidade um benefício para os doentes, pois sofrendo menos crises epilépticas ficavam com mais qualidade de vida e com melhores desempenhos nas actividades da vida diária pois as crises repetidas constituem uma forma de agressão crónica ao sistema nervoso que lhe reduz significativamente as capacidades. Os primeiros casos foram estudados de forma insuficiente, portanto não foi possível pôr em evidência o que seria de esperar considerando o que já se sabia sobre as funções do corpo caloso, sobretudo depois dos trabalhos de Liepmman e de Déjérine no final do século XIX. Estes autores tinham demonstrado que esta estrutura anatómica mediana servia para transportar informação de um lado para o outro do cérebro. Liepmman (1900) estudou casos em que uma lesão da profundidade do lobo frontal esquerdo barrava o acesso da ordem dada verbalmente (e, por isso, compreendida com o hemisfério esquerdo) para desempenhar qual-

quer tarefa com a mão esquerda (sendo a programação motora final deste movimento dependente do hemisfério direito). Argumentou o autor que a lesão cortava as vias de comunicação entre os dois hemisférios cerebrais. O trabalho de Déjérine (1892) relacionou-se com a porção posterior do corpo caloso e a sua relação com a leitura. A descrição do quadro de alexia sem agrafia pressupõe a lesão do lobo occipital esquerdo e portanto a presença de hemianopsia direita e a impossibilidade de fazer transferir a informação visual respeitante às letras processada no hemisfério direito para o lado esquerdo onde existem os operadores capazes de a processar. Este quadro disconectivo pode existir mesmo sem defeito do campo visual (Castro-Caldas & Salgado, 1985). Contudo um novo conjunto de casos operados por Bogen em 1965 foi estudado já à luz dos conceitos disconectivos reavivados por Geschwind. Foi então possível demonstrar a independência funcional de cada um dos hemisférios cerebrais e compreender também a distribuição topográfica das vias anatómicas que conduzem a informação através do corpo caloso. Vale a pena mencionar que, embora exista uma distribuição definida anatomicamente das vias referentes a cada porção do córtex cerebral, existe uma grande plasticidade nesta estrutura anatómica. De facto, se a secção não for completa – como acontece na aproximação cirúrgica a um tumor do III ventrículo – registam-se sinais transitórios de desconexão inter-hemisférica que depois recuperam (Castro-Caldas *et al.*, 1989). Por outro lado, se uma determinada ligação tiver pouca actividade desenvolve-se menos (Castro-Caldas *et al.*, 1999).

Com o estudo destes doentes para além da confirmação da dedicação prioritária do hemisfério esquerdo às questões da linguagem, compreendeu-se que o direito desempenhava também um papel activo na vida cognitiva e comportamental tão importante como a própria linguagem. Não interessa aqui discutir toda a vastíssima literatura relativa às assimetrias funcionais que nasceu a partir de estudos de doentes calosotomizados, o que talvez mereça referência é a questão da consciência. De facto é possível fornecer informação a cada um dos hemisférios cerebrais isoladamente e dele obter uma resposta sem que o outro participe activamente no processo podendo mesmo, em simultâneo, estar a dar uma resposta contraditória. Pode por isso considerar-se que a separação cirúrgica dos dois hemisférios cerebrais conduz à divisão da consciência em duas parcelas incomunicantes (ver Baynes & Gazzaniga, 2000). A tendência dominante é, sem dúvida, o tropismo da estrutura biológica de um lado para o outro quer durante as fases de desenvolvimento do cérebro mais tardias quer na recuperação. É possível que este tropismo inter-hemisférico não exista nas fases iniciais do desenvolvimento do cérebro porque o corpo caloso não está ainda mielinizado, isso só acontece a partir do ano de vida. Por outro lado, os trabalhos recentes com implantação de células germinais no

cérebro demonstraram que a tendência é para essas células migrarem para o hemisfério contralateral e não no sentido antero-posterior (Modo, 2004).

A razão da lateralização cognitiva

De acordo com Stephan *et al.* (2003) os princípios que sustentam o efeito de especialização cognitiva estão ainda mal compreendidos. Será o processo envolvido na operação cognitiva que faz com que este dependa da maquinaria biológica existente de um ou de outro lado ou, pelo contrário, será o tipo de informação fornecida que condiciona a região do cérebro mais adequada para com ela lidar. Estes autores usaram a Ressonância Magnética Funcional para estudar a identificação de letras e a decisão visuo-espacial usando palavras idênticas como estímulo. As palavras usadas eram constituídas por 4 letras sendo 3 pretas e uma vermelha. A letra vermelha podia ocupar o lado esquerdo ou o lado direito da palavra (na 2.^a ou 3.^a posição dentro da palavra). A tarefa pedida era que se indicasse se a letra vermelha estava do lado direito ou do lado esquerdo da palavra, independentemente do seu significado ou do conhecimento das letras que a constituíam – esta era a prova visuo-espacial. Na prova verbal era pedido que indicasse se a palavra apresentada continha a letra **A**. Os resultados mostraram que na tarefa visuo-espacial estavam predominantemente envolvidas regiões pós-rolândicas do hemisfério direito e na tarefa verbal eram as regiões pré-rolândicas esquerdas as mais envolvidas. Os autores concluem, assim, que a tarefa a realizar constitui o determinante para a região do cérebro a envolver na sua execução e não o tipo de informação que é recebida.

O trabalho que temos vindo a fazer estudando a influência do conhecimento da leitura e da escrita na organização do cérebro pode ajudar a compreender este processo.

Há 50 anos, Critchley (1956) sugeriu que, embora a experiência clínica não suportasse a crença que a afasia é rara nos analfabetos, os doentes afásicos com um domínio melhor da linguagem antes da lesão cerebral ficavam mais perturbados sendo o defeito de linguagem mais duradouro quando tinham lesões do hemisfério esquerdo. Deste modo foi sugerido que a prática de funções relacionadas com a linguagem, com a leitura e com a escrita enviariam a informação para o lado esquerdo do cérebro aumentando o efeito de dominância hemisférica. Apesar desta afirmação forte, não deixa de ser verdade que desde Broca se relataram inúmeros casos de afasia independentemente do nível de escolaridade dos doentes. Os autores que durante um século contribuíram significativamente para o desenvolvimento do conhecimento neste domínio nunca

fizeram esta observação, embora seja fácil de aceitar que centenas de casos estudados por estes pioneiros fossem analfabetos visto ser rara a escolaridade no século XIX (Castro-Caldas, 1999).

Num trabalho recente Fonseca (Fonseca & Castro-Caldas, 2002) comparou a evolução do Quociente de Afasia (QA) – que se obtém pela combinação das pontuações de quatro medidas: fluência, nomeação, repetição de palavras, e compreensão de frases – de um grupo de 24 afásicos analfabetos com 42 letrados de controlo emparelhados por tipo de afasia, tipo de acidente vascular cerebral, género e idade. Todos os doentes foram avaliados na fase aguda da doença e seis meses depois. As diferenças de QA entre os grupos eram iguais na primeira e na segunda observação e reflectia as diferenças de pontuações nos sub-testes devidas às diferenças culturais que existem também na população de controlo, sem lesão cerebral. A inclinação da curva era, todavia, igual em ambos os grupos. Estes achados contrariam a ideia de ser menos grave a afasia nos analfabetos como tinha sido sugerido por Critchley. Porém, havia diferenças qualitativas, que sugerem uma organização mais modular das diferentes dimensões da afasia no grupo dos analfabetos (Fonseca & Castro-Caldas, 2002).

Em 1971, Cameron *et al.*, questionaram a possibilidade dos analfabetos ficarem afásicos com lesões do hemisfério cerebral esquerdo. Estes autores estudaram indivíduos de 3 grupos educacionais com lesões cerebrais: um mais educado (10,5 anos de escolaridade), um grupo intermédio (6,5 anos de escolaridade) e um pouco educado (2,5 anos de escolaridade). Consideraram a associação de diminuição da força muscular do lado direito do corpo com qualquer tipo de perturbação de linguagem. Encontraram associações em 78% dos indivíduos do grupo mais escolarizado, 64% do segundo grupo e só 36% do terceiro grupo e concluíram também, que a escolaridade acentuava o efeito de dominância. Estes achados não foram reproduzidos na análise da nossa série (Damásio *et al.*, 1976a; 1976b). Entre os 182 indivíduos dextros escolarizados com lesões cerebrais, 157 tinham lesões do hemisfério esquerdo sendo 115 (63%) afásicos. Entre os 43 analfabetos também dextros estudados nas mesmas circunstâncias 29 (67%) dos 34 que tinham lesões hemisféricas esquerdas estavam afásicos. Nesta série não foram encontrados casos de afasia com lesões do hemisfério direito, situação que se designa na literatura, como já dissemos, por afasia cruzada.

Mais tarde tivemos ocasião de estudar casos de afasia cruzada e nunca encontramos nenhum analfabeto com este síndrome (Castro-Caldas *et al.*, 1984; 1987). Contudo Wechsler (1976) relatou um caso de afasia cruzada num analfabeto e salientou este facto como se de uma relação causal se tratasse.

O estudo de Lecours *et al.* (1987; 1988) no qual foram incluídos

indivíduos analfabetos e letrados sem lesão cerebral e com lesões hemisféricas direitas e esquerdas, também permitiu sugerir que o hemisfério direito dos analfabetos desempenhava um papel mais importante no processamento da linguagem do que o dos indivíduos escolarizados.

Alguns estudos realizados em indivíduos sem lesões cerebrais também contribuíram para a discussão desta questão. Os estudos com audição dicótica foram inconclusivos. O primeiro foi realizado com Portugueses no nosso Laboratório. Foram usados três testes diferentes: um de pares de palavras diferentes, outro de pares de dígitos e outro de pares de palavras diferindo só no fonema inicial. Os resultados mostraram desempenhos idênticos para escolarizados e analfabetos nos dois primeiros testes e uma inversão no efeito de canal no último teste no grupo de analfabetos. Quando as palavras de cada par diferiam só no fonema inicial os analfabetos optavam pela que era apresentada no canal esquerdo enquanto que os escolarizados optavam pela que era apresentada à direita (Damásio *et al.*, 1979). Este estudo sugeriu a existência de processamentos diferentes consoante o grau de escolaridade relativo aos aspectos formais das palavras. De certa forma concordante com estes resultados foi o trabalho feito em indivíduos Gregos (Tzavaras *et al.*, 1981). Estes autores estudaram escolarizados e analfabetos com audição dicótica em duas situações distintas. Na primeira os sujeitos tinham que repetir o que ouviam sem qualquer informação complementar, na segunda era-lhes pedido que repetissem o que ouviam só num dos canais. Os autores construíram uma pontuação de assimetria e concluíram que a assimetria era mais marcada no grupo mais educado. Usando paradigmas desenhados com mais rigor, Castro e Morais (1987) não demonstraram diferenças significativas entre analfabetos e escolarizados em provas de audição dicótica.

Num estudo realizado em voluntárias com Tomografia de Emissão de Positrões que revelou diferenças entre analfabetos e letrados (Castro-Caldas *et al.*, 1998b) também conseguimos demonstrar que o balanço entre activação de áreas homólogas dos dois hemisférios era diferente nos dois grupos estudados. Isto era particularmente importante no lobo parietal sendo a tarefa estudada a repetição de palavras e pseudo-palavras. As regiões superiores do lobo parietal estavam mais activas no lado esquerdo por comparação com o direito nos analfabetos, enquanto que o inverso acontecia nas regiões inferiores e no pré-cuneus (Castro-Caldas *et al.*, 1998a). Isto foi interpretado como o resultado de um arranjo diferente entre analfabetos e letrados das redes neuronais que suportam as funções em estudo. O lobo parietal desempenha um papel importante nestas funções. Estes achados foram corroborados com o facto de ser mais fina a região do corpo caloso por onde cruzam as vias que transportam informação dos lobos parietais, nos indivíduos analfabetos por comparação com os seus controlos letrados como já mencionámos acima (Castro-

-Caldas *et al.*, 1999).

Até agora é possível concluir que o conhecimento da ortografia, adquirida na idade própria da infância pode modificar o padrão de envolvimento de cada hemisfério no processamento da linguagem oral. Isto não reveste uma expressão sensível na gravidade da presença da afasia, mas pode ter alguma importância em certos aspectos qualitativos da afasia que merecem mais investigação

A ligação entre os dois hemisférios através do corpo caloso merece ainda mais atenção. Estudamos o movimento da mão guiado pela visão num paradigma em que os analfabetos e letrados tinham que manipular o rato de um computador portátil. Eles tinham que dirigir o cursor em direcção a um alvo que aparecia aleatoriamente no écran. Nenhum dos participantes tinha manipulado o rato de um computador antes desta experiência. Media-se o tempo demorado para atingir o alvo tendo o teste sido feito com ambas as mãos. Os resultados demonstravam diferenças entre grupos de escolaridade no que respeita em particular à situação cruzada de atingir o alvo do lado esquerdo do computador comandando o rato com a mão direita. Nesta situação os letrados eram mais rápidos que os analfabetos (Reis & Castro-Caldas, 1997). Este resultado está provavelmente relacionado com o treino de escrita com a mão direita começando do lado esquerdo do papel e implica a função de transferência inter-hemisférica de informação.

Resultados mais recentes obtidos com sujeitos que aprenderam a ler na idade adulta mostram que existe outro handicap relacionado com a transferência da informação de um hemisfério para outro. Usamos um paradigma em que os sujeitos tinham que escrever palavras com a mão direita e as mesmas palavras, em espelho, com a mão esquerda (Fernandes *et al.*, submetido). O resultado principal foi haver mais erros nos recém letrados ao tentar escrever em espelho com a mão esquerda. Isto sugere que os recém-letrados não estavam a fazer passar a informação motora referente à escrita através do corpo caloso mas estavam a usar uma outra estratégia envolvendo a imagem visual das letras.

Mais recentemente estudamos um grupo de voluntárias com Magnetoencefalografias (MEG) na Universidade Complutense em Madrid (Castro-Caldas *et al.*, 2003). Comparamos mulheres adultas recém-letrados com controlos que tinham aprendido a ler na idade própria. Foi-lhes pedido que executassem duas tarefas diferentes. Na primeira tinham de dar atenção a uma sequência de palavras apresentadas por auto falante com um nível de som confortável. A segunda era idêntica só que as palavras estavam escritas e eram apresentadas no écran de um computador. Os resultados mostraram que havia mais fontes de actividade nas regiões temporo-parietais direitas das recém-letrados comparadas com as letradas na idade própria. Em contrapartida a região frontal inferior esquerda tinha

mais fontes de actividade na população letrada na infância. Estes resultados revelam que as regiões recrutadas para o suporte da aprendizagem da leitura e da escrita na idade adulta são diferentes daquelas que se usam quando se aprende na infância.

Em trabalho anterior (Willadino-Braga *et al.*, submetido) conseguimos documentar um resultado que consideramos do maior interesse. Foram estudados analfabetos e indivíduos escolarizados por meio de ressonância magnética funcional. A prova utilizada foi uma prova de cálculo em que era pedida a avaliação da magnitude num determinado contexto («Dez pessoas dentro de um automóvel é muito ou pouco?»; «Dez tijolos para construir uma casa é muito ou pouco?»). Todos os participantes desempenharam bem a tarefa, sem erros; e, quando se avaliou a activação cerebral, verificou-se que os analfabetos activavam mais as regiões occipitais do hemisfério direito enquanto que os letrados activavam mais regiões do hemisfério esquerdo. A interpretação que demos foi a de que se tratava da utilização de estratégias diferentes para a execução da mesma tarefa.

Podemos então considerar que as áreas cerebrais recrutadas para a execução de uma tarefa dependem da experiência prévia do sujeito. O efeito dominância é, assim, o resultado da confluência de múltiplos factores uns biológicos outros resultantes da experiência de cada um.

Referências

- Baynes, K., & Gazzaniga, M. (2000). Consciousness, introspection and the split-brain: The two minds /one body problem. In M. Gazzaniga (Ed.), *The New Cognitive Neurosciences* (2nd. edition) (pp. 1355-1364). Cambridge; Mass: The MIT Press.
- Benton, A. L. (1997). Historical notes on hemispheric dominance. *Archives Neurology*, 34, 127-129.
- Broca, P. (1865). Sur la faculté du langage articulé. *Bulletin – Société d'Anthropologie*, Paris, 6, 337-393.
- Cameron, R. F., Currier, R. D., & Haerer, A. F. (1971). Aphasia and literacy. *British Journal of Disorders Communication*, 6, 161-163.
- Castro, S. L., & Morais, J. (1987). Ear differences in illiterates. *Neuropsychologia*, 25, (2), 409-417.
- Castro-Caldas, A., Nunes, V. S., Simões, R. Fernandes, R., Maestú, F., Ortiz, T., Campo, P., Fernandez, A., & Amo, C. *Mapeamento do córtex receptivo da linguagem em adultos letrados na infância e em adultos letrados na vida adulta utilizando magnetoencefalografia*. Apresentado na SLAN Conference 2003, Canada.
- Castro-Caldas, A., & Confraria, A. (1984). Age and type of crossed aphasia in dextrals due to stroke. *Brain and Language*, 23, 126-133.

- Castro-Caldas, A., & Salgado, V. (1985). Pure alexia without hemianopia. *Archives of Neurology*, *42*, 1035-1036.
- Castro-Caldas, A. (1999). Book reviews (Patrick Coppens, Yvan Lebrun, & Anna Basso – Aphasia in atypical populations. Laurence Erlbaum Associates, New Jersey) *Brain*, *122* (6), 1200-1202.
- Castro-Caldas, A., Confraria, A., & Mariano, M. G. (1985). CT criteria of hemisphere asymmetry, fail to predict language laterality. *Neurology* (letter), *35*, 935.
- Castro-Caldas, A., Guerreiro, M., & Confraria, A. (1984). Transient and persistent right ear extinction in dichotic listening. The role of sub-cortical lesions. *Neurology*, *34*, 1418-1422.
- Castro-Caldas, A., Poppe P., Lobo Antunes, J., & Campos, J. (1989). Partial section of the corpus callosum: Focal signs and their recovery. *Neurosurgery*, *25*, 442-447.
- Castro-Caldas, A., Poppe, P., & Confraria, A. (1987). Non-verbal disturbances in crossed aphasia. *Aphasiology*, *1*, 403-413.
- Castro-Caldas, A., Miranda, P., Carmo, I., Reis, A. I., Leote, F., Ribeiro, C., & Ducla-Soares, E. (1999). Influence of learning to read and write on the morphology of the corpus callosum. *European Journal of Neurology*, *6*, 23-28.
- Castro-Caldas, A., Peterson, K. M., Reis, A., Askelof, S., & Ingvar, M. (1998a). Differences in inter-hemispheric interactions related to literacy, assessed by PET [P01.104]. *Neurology*, *50*, A43.
- Castro-Caldas, A., Peterson, K. M., Reis, A., Stone-Elander, S., & Ingvar, M. (1998b). The illiterate brain: Learning to read and write during childhood influences the functional organization of the adult brain. *Brain*, *121*, 1053-1063.
- Critchley, M. (1956). Premorbid literacy, and the pattern of subsequent aphasia. *Proceedings of the Royal Society of Medicine*, *49*, 335-336.
- Damásio, A., Castro-Caldas, A., Grosso, J. T., & Ferro, J. M. (1976a). Brain specialization for language does not depend on literacy. *Archives of Neurology*, *33*, 300-301.
- Damásio, A. R., Hamsher, K. S., Castro-Caldas, A., Ferro, J. M., & Grosso, J. T. (1976b). Brain Specialization for language: Not dependent on literacy. *Archives of Neurology*, *33*, 662.
- Damásio, H., Damásio, A. R., Castro-Caldas, A., & Hamsher, K. (1979). Reversal of ear advantage for phonetically different words in illiterates. *Journal of Clinical Neuropsychology*, *1*, 331-338.
- Darwin, C. (1859). *On the origin of species by means of natural selection*. London: Murray.
- Déjérine, J. J. (1892). Contribution à l'étude anatomopathologique et clinique des différentes variétés de cécité verbale. *Comptes Rendus Hebdomadaire des Séances et Mémoires de la Société de Biologie*, *43*, 197-201.
- Fernandes, R., Simões, R., Nunes, V., Gonçalves, M., & Castro-Caldas, A. Interhemispheric connectivity and literacy (submetido).

- Fonseca, J., & Castro-Caldas, A. (2002). The knowledge of reading and writing rules influences aphasia outcome. *J.I.N.S.*, 8, 506.
- Geschwind, N., & Levitsky, W. (1968). Human brain: Left-right asymmetries in temporal speech region. *Science*, 161, 186-187.
- Geschwind, N. (1965). Disconnexion syndromes in animals and man. *Brain*, 88, 237-294; 585-644.
- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (Eds.) (1984). *Cerebral dominance: The biological foundations*. Cambridge, Mass: Harvard University Press.
- Gitelman, D. R., Nathaniel, M. A., Kosslyn, S., et al. (1996). Functional imaging of human right hemispheric activation for exploratory movements. *Ann. Neurol.*, 39, 174-179.
- Harrington, A. (1995). Unfinished business: Models of laterality in the nineteenth century. In R. J. Davidson, & K. Hugdahl (Eds.), *Brain Asymmetry* (pp 3-27). Massachusetts: The MIT Press.
- Henderson, V. W., Naeser, M. A., Weiner, J. M., Pieniadz, J. M., & Chui, H. C. (1984). CT criteria of hemisphere asymmetry fail to predict language laterality. *Neurology*, 34, 1086-1089.
- Jackson, J. H. (1876). Case of large cerebral tumour without optic neuritis and with left hemiplegia and imperception. In J. Taylor (Ed.), *Selected writings of John Hughlings Jackson* (pp 146-152), Vol 2, London: Hodder & Stoughton, 1931.
- Lecours, A. R., Mehler, J., & Parente, M. A. (1988). Illiteracy and brain damage: 3. A contribution to the study of speech and language disorders in illiterates with unilateral brain damage (initial testing). *Neuropsychologia*, 26, 575-589.
- Lecours, R. L., Mehler, J., Parente, M.A., et al. (1987). Illiteracy and brain damage 1: Aphasia testing in culturally contrasted populations (control subjects). *Neuropsychologia*, 25, 231-245.
- LeMay, M. (1984). Radiological, developmental, and fossil asymmetries. In N. Geschwind, & A. M. Galaburda (Eds.), *Cerebral dominance: The biological foundations* (pp 26-42). Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press.
- LeMay, M., & Kido, D. K. (1978). Asymmetries of the cerebral hemispheres on computed tomograms. *J. Comp. Assist. Tom.*, 2, 471-476.
- Lewis, D. W., & Diamond, M. C. (1995). The influence of gonadal steroids on the asymmetry of the cerebral cortex. In R. J. Davidson, & K. Hugdahl (Eds.), *Brain Asymmetry* (pp 31-50). Massachusetts: The MIT Press.
- Liepmann, H. (1900). Das Krankheitsbild der Apraxie (motorischen asymbolie) auf grund eines falles von einseitiger Apraxie. *Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie*, 8, 15-44; 102-132, 182-197.
- Modo, M. (2004). In vivo detection of stem cells by MRI. *8th. International Montreal/Springfield Symposium on Advances in Alzheimer Therapy*. Montreal, April 2004.
- Reis, A., & Castro-Caldas, A. (1997). Learning to read and write increases the efficacy of reaching a target in two-dimensional space. *J.I.N.S.*, 3, 213.

- Rothi, L. J. G., & Heilman, F. M. (Eds.) (1997). *Apraxia: The Neuropsychology of action*. UK Psychology Press Publishers.
- Stephan, K. E., Marshall, J. C., Friston, K. J., Rowe, J. B., Ritzl, A., Zilles, K., & Fink, G. R. (2003). Lateralized cognitive processes and lateralized task control in the human brain. *Science*, *301*, 384-386.
- Tzavaras, A., Kaprinis, G., & Gatzoyas, A. (1981). Literacy and hemispheric specialization for language: Digit dichotic listening in illiterates. *Neuropsychologia*, *19*, 565-570.
- Wechsler, A. F. (1976). Crossed aphasia in an illiterate dextral. *Brain and Language*, *3*, 164-172.
- Willadino-Braga, L., Castro-Caldas, A., Deloche, G., Dellatolas, G., & Campos da Paz, A. Culture and education generate alternative pathways in the functional anatomy of the brain (submetido).