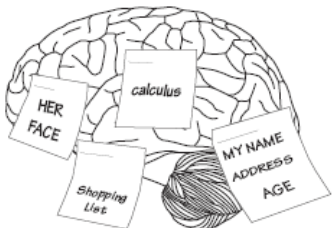
PDF Page Organizer - Foxit Software

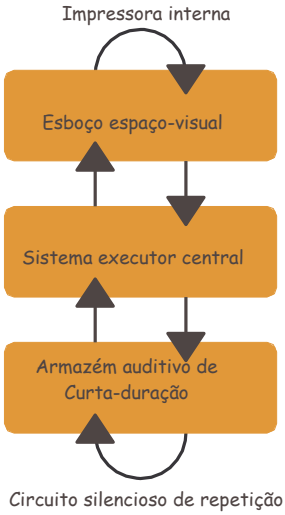
Aprendizagem e Memória



As memórias são extremamente importantes para a nossa individualidade. Aquilo que cada um de nós recorda é diferente daquilo de que os outros se lembram, mesmo no que diz respeito a situações em que estivemos juntos. No entanto, apesar da individualidade das nossas memórias, todos nós recordamos eventos, factos, emoções e desempenhos – alguns por um período curto, outros para toda a vida. O cérebro possui múltiplos sistemas de memória, com diferentes características e envolvendo diferentes redes neuronais. Sabe-se agora que a formação de novas memórias depende da plasticidade sináptica, conforme descrito no último capítulo, mas ainda não conhecemos bem os mecanismos neuronais envolvidos na recordação. Apesar de todos nós nos queixarmos de falhas de memória, na maior parte dos casos a memória é até bastante boa. Falhas mais sérias de memória ocorrem quando a idade avança ou quando surgem alguns tipos de doenças neurológicas. Podemos tentar melhorar a nossa memória, mas isto pode ser conseguido à custa de recordar coisas esquecendo outras.

A organização da memória

Não existe nenhuma área cerebral individual dedicada a armazenar toda a informação que aprendemos. A **memória de trabalho** armazena no cérebro informação consciente por um curto período de tempo. O armazenamento passivo de maior quantidade de informação é designado **memória de longa duração**.



O sistema cerebral de memória de curta duração

Memória de trabalho

Tal como folhas de notas numa secretária para escrever nomes ou números de telefone que é necessário recordar por um breve período, o cérebro tem um sistema para lidar e trabalhar muito eficientemente com um pequeno volume de informação. Usamos este sistema para lembrar as palavras o tempo suficiente para interpretar o seu significado durante uma conversa, para fazer cálculos aritméticos mentais, e para lembrar, por exemplo, onde recentemente pousámos as chaves. A eficiência é uma das suas características centrais – uma característica conseguida à custa de uma capacidade limitada e pouco duradoura. Pode dizer-se que nos lembramos de 7 ± 2 objectos ou assuntos armazenados na nossa memória de trabalho; este é um dos motivos para que a maioria dos números de telefone não ultrapasse os 7 ou 8 dígitos (sem indicativos). Um bom desempenho da memória de trabalho é essencial. Podemos demonstrar a capacidade e durabilidade da memória de trabalho com uma experiência simples que se pode realizar com um grupo de amigos.



Uma experiência em memória de curta duração

É necessário um mínimo de duas pessoas, embora funcione melhor com um grupo (por exemplo uma turma). Em privado, um de vós escreve uma série de letras (começando com um mínimo de duas), assegurando-se que em conjunto não formam uma palavra com sentido (por exemplo XT). A mesma pessoa depois escreve outras sequências com um número crescente de letras, aumentando uma de cada vez (por exemplo uma sequência de 5 letras "QVHKZ " ou uma de 10 letras "DWCUKQBPSZ"). A experiência começa quando as sequências estão prontas. Outra pessoa (ou turma) ouve cada sequência por sua vez e, 5 segundos depois, tenta escrever de memória as letras na sequência correcta. Começando com a sequência de 2 letras o teste de memória vai avançando para as sequências maiores. A maior parte das pessoas realiza este teste perfeitamente até uma sequência de 7 ou 8 letras – mas depois aparecem os erros. Muito poucas pessoas conseguem memorizar correctamente as sequências de 10 letras. A capacidade de formar memória de curta duração tem sido descrita como "o número mágico 7 mais ou menos 2".

Um **sistema central executor**, suportado por dois armazéns de memória suplementares, controla o fluxo de informação da memória. Existe um armazém de memória fonológica incluído num circuito silencioso de repetição – a porção do cérebro que usamos quando falamos connosco próprios. Mesmo quando vemos ou lemos palavras ou números, a informação é transcrita para um código fonológico e armazenada por um período de tempo curto neste sistema bipartido. Também existem estruturas responsáveis por elaboração de esboços visuais que podem armazenar imagens de objectos por períodos de tempo suficientes para as manipular com a memória visual.
A memória de trabalho está localizada sobretudo no córtex dos **lobos frontal e parietal**. Estudos de imagiologia cerebral (ver página 41) usando PET e fMRI identificaram um papel relevante para a informação auditiva – é comum as memórias

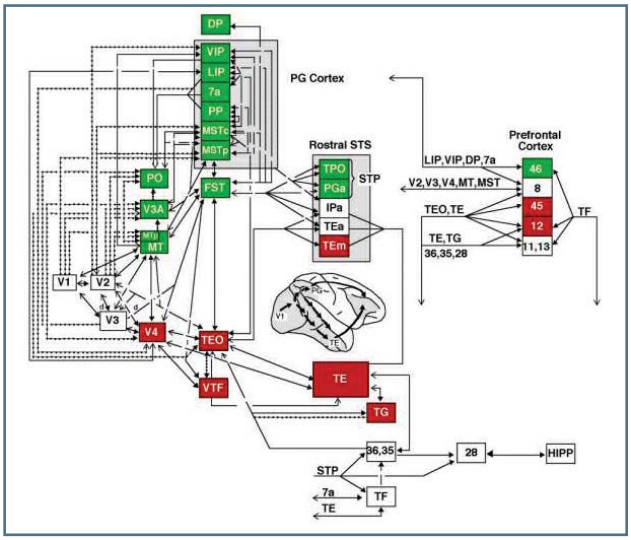
PDF Page Organizer - Foxit Software

serem lateralizadas para o lobo frontal e parietal do lado esquerdo onde interagem com redes neuronais envolvidas na fala, planeamento e tomada de decisão. Para estas funções é essencial uma boa memória de trabalho. O esboço visual produz-se no hemisfério direito (ver caixa no final do capítulo).

Como é que evoluiu a memória de trabalho? Os animais, mesmo a maioria dos mamíferos, não têm provavelmente o mesmo tipo de memória de curta duração que nós possuímos, e esta não evoluiu claramente para ajudar os primeiros hominídeos a lembrar-se de números de telefone! Alguns estudos com crianças indicam que a memória de trabalho desempenha um papel crítico na aprendizagem da língua, sugerindo que este sistema de memória pode ter co-evoluído com a fala. A precisão que é necessária para acompanhar o fluxo de palavras, e da sua ordem nas frases, tem um papel crítico na compreensão do seu sentido.

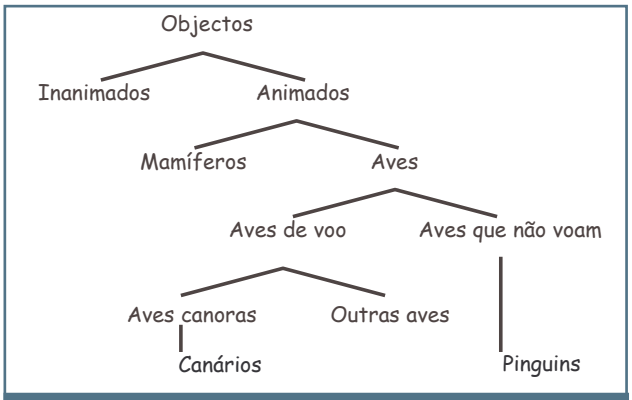
Memória de longa duração

A memória de longa duração também está subdividida em diferentes sistemas localizados em redes dispersas pelo cérebro. Diferentes redes realizam tarefas bastante distintas. De um modo lato, a informação entra por sistemas sensoriais e depois é transmitida por vias progressivamente mais especializadas. Por exemplo, a informação que entra pelo sistema visual é transmitida pela chamada "via ventral" do córtex estriado até ao



A cascata de áreas cerebrais envolvidas no processamento da informação visual; inicialmente na percepção e depois para armazenamento de memória.

lobo temporal médio, através de uma cascata de redes. Estas, identificam a forma, cor e identidade de objectos, quer seja o objecto familiar ou não, até que algum tipo de memória é formada sobre o objecto em particular, e onde e quando ele foi visto. Existem várias alternativas na análise desta cascata. Primeiro, existem áreas do córtex que extraem uma **representação perceptual** daquilo que vemos. Este processo é útil para armazenar e posteriormente reconhecer coisas do ambiente envolvente. A nossa capacidade de identificar em caricaturas as pessoas que nos são familiares, tais como políticos, reflecte o funcionamento deste sistema. Outro sistema muito relacionado é a memória semântica – o grande armazém de conhecimento factual que todos nós usamos para acumular informação sobre o mundo. Sabemos que Paris é a capital de França, que o DNA codifica informação genética com base na sequência de pares de bases, etc. Estes factos estão organizados em categorias. Isto é fundamental para a recordação de memórias, pois a busca dos elementos armazenados processa-se em diagramas ramificados no armazém das memórias, de modo a encontrar as coisas com eficiência. Se a memória semântica fosse organizada do mesmo modo que muitas pessoas organizam as coisas no sótão das suas casas – bastante desarrumado – seria um problema terrível para recordar qualquer coisa. Felizmente, o cérebro organiza a informação por categorias, sendo por isso muito importante ter um bom professor para nos ensinar a arrumar nos nossos cérebros as coisas complicadas que aprendemos. De facto, os melhores professores edificam estas estruturas na mente dos seus alunos, sem grande esforço.



Os factos que conhecemos sobre animais estão organizados em forma ramificada. Ainda não sabemos como é que as redes neuronais processam estes dados.

Também aprendemos a desempenhar tarefas e a desenvolver **emoções** sobre as coisas. Saber o que é um piano é uma coisa; conseguir tocar um piano é outra completamente diferente. Saber conduzir uma bicicleta é uma coisa útil, mas estar consciente que certas situações que se encontram na estrada podem ser perigosas não é de modo algum menos importante. O desempenho de tarefas é aprendido através do treino deliberado e continuado, enquanto que a aprendizagem das emoções tende a ser muito mais rápida. Muitas vezes este processo tem mesmo que ser mais rápido, especialmente para as condições que nos provocam medo. A aprendizagem em ambos os casos faz-se por **condicionamento**. Nestes processos estão envolvidas várias áreas do cérebro – os **gânglios da base** e o **cerebelo** são particularmente importantes para a aprendizagem do desempenho de acções, e a **amígdala** para a aprendizagem das emoções. Muitos animais conseguem aprender a desempenhar tarefas e isso é muito importante para a sua sobrevivência.



Os chimpanzés aprenderam a caçar térmitas usando um ramo. Os chimpanzés jovens aprendem a técnica observando os seus progenitores.

PDF Page Organizer - Foxit Software

As falhas de memória e a localização da memória episódica

Outro tipo de sistema de memória no cérebro designa-se memória **episódica**. Esta é usada para registar experiências pessoais. Num aspecto, importante, recordar acontecimentos é diferente de aprender factos – estes são únicos, só acontecem uma vez. Se te esqueceste o que comeste hoje ao pequeno-almoço (isto é pouco provável), ou o que aconteceu no último Natal (algo possível), ou todas as coisas que aconteceram no teu primeiro dia de aulas na escola (provavelmente), pouco podes fazer porque não é possível fazer com que as coisas voltem a acontecer da mesma maneira. Este sistema de memória aprende depressa porque a isso é obrigado.

Aprendemos imenso sobre o que é a memória episódica através do estudo de pacientes neurológicos - após acidente vascular cerebral, tumores cerebrais ou infecções virais, como na encefalite provocada por herpes. Alguns destes pacientes apresentam deficiências específicas de memória. O seu estudo metódico contribuiu, de modo relevante, para identificar a organização anatómica deste e doutros sistemas de memória.

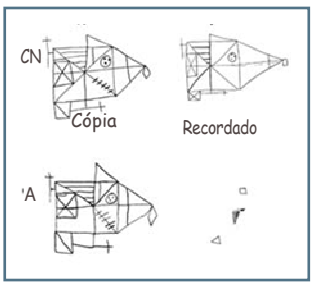
Admiravelmente, pacientes amnésicos podem aprender coisas que conscientemente não conseguem recordar! Podem ser ensinados a desempenhar novas tarefas motoras ou a ler "para trás" muito rapidamente.

Treinar a ler depressa "para trás" necessita de algum tempo para ser feito eficientemente. Isto é válido tanto para nós como para amnésicos, mas nós conseguiremos recordar a acção de ter sido ensinados, contrariamente aos amnésicos. Esta dissociação no seu estado de consciência é algo fascinante. Decerto que os amnésicos têm consciência quando estão a aprender, mas perdem mais tarde a consciência de ter aprendido. Eles não conseguem recuperar estados de consciência do passado. A lesão que pode provocar esta condição tão incapacitante pode ocorrer em vários circuitos neuronais do cérebro. Áreas do mesencéfalo, designadas **corpos mamilares**, e do **tálamo** parecem ser críticas para a manutenção de uma memória normal, tal como acontece com uma estrutura do lobo temporal médio chamada **hipocampo**. Lesões nestas regiões afectam particularmente a formação de memórias episódicas e semânticas.

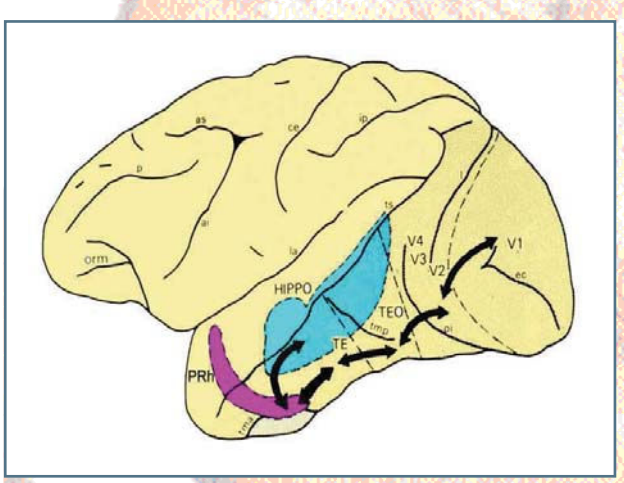
"Não é tanto a lesão que chama a nossa atenção, é mais como através da lesão ou da doença a função normal é descoberta." (Sir Henry Head – Neurologista séc. XX).

As pessoas afectadas por **amnésia** podem não se lembrar que encontraram outra pessoa meia-hora atrás. Não se lembram, por exemplo, onde comeram recentemente uma refeição e até necessidades do dia-a-dia tão simples como recordar onde se pousaram os objectos. Quando expostos a um desenho complexo – como o que está representado na figura – podem copiá-lo com bastante precisão, mas contrariamente ao que acontece com a maior parte das pessoas com memória normal não conseguem repetir o desenho passados 30 minutos. Frequentemente não se conseguem recordar de coisas que aconteceram antes de ficar doentes. Isto é a **amnésia retrógrada**.

Uma vida assim perde a estrutura no tempo e no espaço e foi descrita por um paciente amnésico, bem estudado, como um estado em que "se sente permanentemente a acordar de um sonho". Apesar desta perda, a mesma pessoa retém controlo sobre a linguagem e o significado das palavras, e retém também memória de trabalho suficiente para manter conversação sensata. No entanto, quando repetimos, com estas pessoas, uma conversa tida há poucos minutos percebemos bem o isolamento e devastação a que elas estão sujeitas.



Amnésicos (A) não perdem a capacidade de ver e copiar desenhos complexos, mas não se conseguem lembrar dele por muito tempo, sobretudo quando comparados com controlos normais (CN).



Estruturas muito importantes para a memória episódica – o córtex perirrinal (PRH) envolvido no sentimento de familiaridade de elementos do passado, e o hipocampo (HIPPO) que codifica acontecimentos e lugares.

PDF Page Organizer - Foxit Software

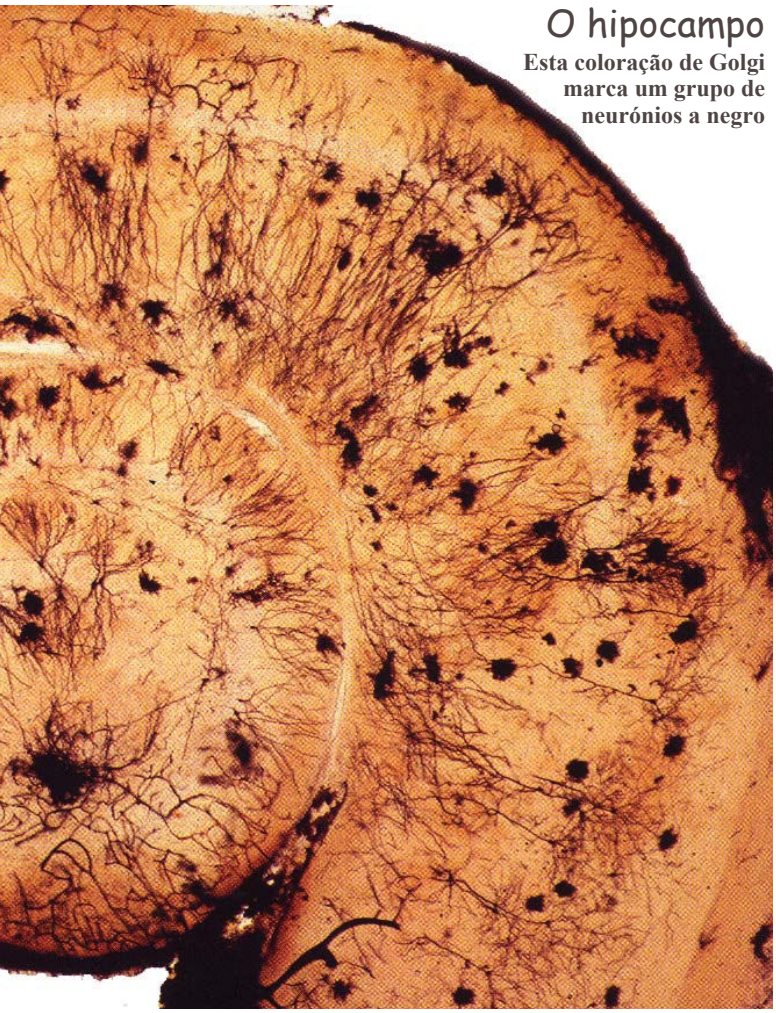
Outros sistemas de memória

Lesões noutras áreas cerebrais afectam outros sistemas de memória. Condições degenerativas, tais como alguns tipos de **demência semântica** (associada à doença de Alzheimer), podem provocar um padrão fascinante de perda de memória semântica. Em fases iniciais da doença, os pacientes identificarão com facilidade imagens que lhes sejam mostradas num teste, tais como imagens de gatos, cães, carros ou comboios. Mais tarde, com o desenvolvimento da doença poderão hesitar antes de dizer que a imagem de um rato é de facto de um rato, podendo mesmo dizer que é de um cão. Estas observações confirmam que a informação factual é organizada em categorias, estando, por exemplo, a informação relativa ao mundo vivo armazenada conjuntamente num local bem distinto da informação relativa ao mundo inanimado.

A neurobiologia da memória

O estudo cuidadoso de pacientes com lesões neurológicas ajuda-nos a identificar as áreas do cérebro onde as funções de memória estão localizadas. No entanto, a compreensão de como funcionam os mecanismos de memória a nível dos neurónios e dos transmissores químicos envolve investigação laboratorial minuciosa, com recurso a animais de laboratório.

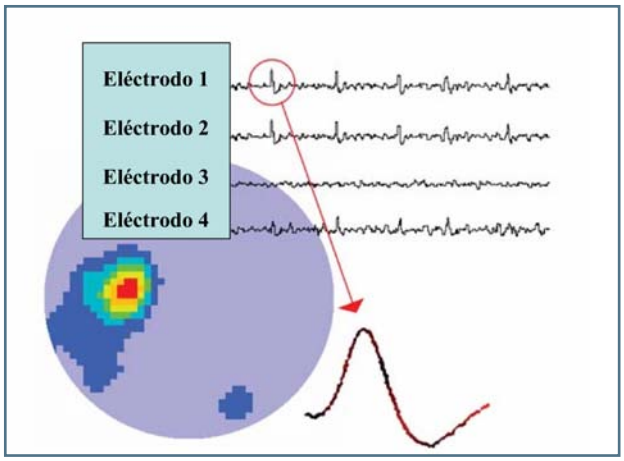
Os neurocientistas acreditam que muitos dos aspectos da regulação fina das ligações neuronais no cérebro em desenvolvimento são também usados nas etapas iniciais da aprendizagem. A forte ligação que se desenvolve entre uma criança e a sua mãe foi estudada em detalhe, em pintos, através de um processo designado "**imprinting**". Sabemos agora onde se localiza este processo de aprendizagem no cérebro do pinto, bem como os neurotransmissores libertados e os respectivos receptores activados. Estes, trabalhando em conjunto contribuem para que o pinto forme algum tipo de "imagem cerebral" da sua mãe. Esta imagem é espantosamente precisa, de tal modo que o jovem pinto segue sempre a sua mãe e não outra galinha por muito parecida que seja. Os animais jovens também precisam de saber que comida é que é segura, para isso vão provando pequenas quantidades de cada comida, de cada vez, de modo a aprender quais é que sabem mal e podem ser potencialmente perigosas. Estes mecanismos não podem ser deixados exclusivamente sob controlo da predisposição genética – aqui funcionam bem mecanismos de auto-aprendizagem regulada. Posteriormente à activação de receptores, que ocorre durante "imprinting" ou prova de comida, é gerada uma cascata de químicos que funcionam como segundos mensageiros e transmitem sinais ao núcleo das células cerebrais. Assim, são activados genes que promovem a produção de proteínas que literalmente "fixam a memória".



O hipocampo

Esta coloração de Golgi marca um grupo de neurónios a negro

Células de posição são outra descoberta muito importante. Estes neurónios do hipocampo disparam potenciais de acção só quando o animal se encontra a explorar um local que lhe é familiar. Células diferentes codificam para partes diferentes do meio ambiente, de modo que uma população de células pode mapear uma área espacial inteira. Outras células localizadas noutra área cerebral vizinha codificam para a direcção em que se move o animal. As duas áreas funcionando coordenadamente – o mapa espacial e a noção de direcção – ajudam o animal a encontrar o seu caminho. Isto é de facto muito importante para os animais porque a procura de comida e de água, bem como a identificação do caminho de volta ao seu abrigo é vital para a sobrevivência. Este sistema de aprendizagem da orientação depende da articulação da memória semântica e da memória episódica. Os animais constroem uma representação estável sobre onde se localizam as coisas no seu território – tal como nós fazemos com a aquisição de conhecimento factual sobre o nosso mundo. Este mapa espacial constitui um sistema de organização de memória indispensável à recordação de eventos – tais como "onde um predador foi visto pela última vez". As células de posição podem codificar para outras coisas, além de local – podem ajudar os animais a recordar onde se passaram os acontecimentos.

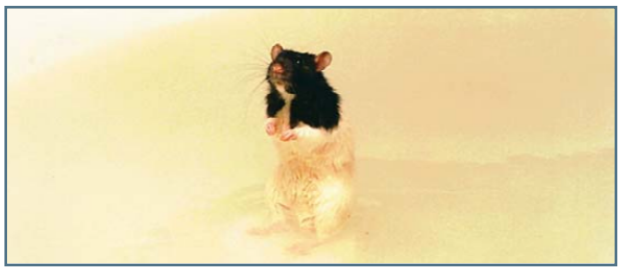


Quatro eléctrodos de registo posicionados na proximidade de células do hipocampo revelam impulsos nervosos em dois eléctrodos (1 e 2, ocasionalmente em 4) que representam neurónios em actividade, numa posição particular (o ponto vermelho localizado no círculo). A expansão da escala temporal (círculo vermelho) mostra a forma dos picos que ocorrem no cérebro.

Como é que estes mapas e outros traços de memória são formados? Uma ideia que ganha força envolve a plasticidade sináptica dependente de receptores NMDA. No último capítulo descrevemos como é que a indução de plasticidade sináptica modifica a força nas ligações sinápticas numa rede de neurónios, e que isto está envolvido no armazenamento de informação. A aprendizagem espacial é bloqueada quando são adicionados ao hipocampo bloqueadores de **receptores**

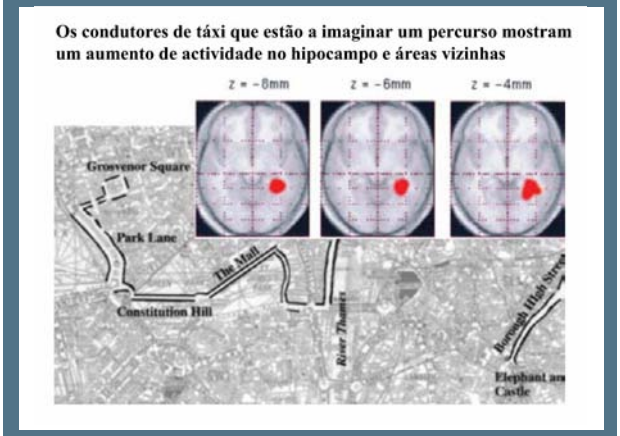
PDF Page Organizer - Foxit Software

NMDA. Por exemplo, ratos e murganhos podem ser treinados a nadar numa piscina. Assim que entram na piscina vão procurar uma plataforma escondida, sob a água, de modo a sair da água (detestam-na). Usam as suas células de posição, e células que monitorizam a posição da cabeça, de modo a navegar e encontrar o seu caminho. Em conjunto estas células determinam a posição exacta da plataforma, e usam processos de plasticidade sináptica dependente de receptores NMDA para memorizar esta informação. Outro avanço importante foi conseguido com a construção de animais desprovidos (knockout) de receptores NMDA. Para isto, foram utilizadas técnicas de engenharia molecular de modo a tornar inoperacional o gene que codifica para o receptor NMDA, no hipocampo. Estes animais têm deficiências na aprendizagem e no funcionamento das células de posição. No último capítulo verificámos que as alterações da eficiência sináptica estão associadas a alterações nos receptores excitatórios do tipo AMPA. Ainda não sabemos se isto é importante para a formação da memória – este é actualmente um assunto sujeito a investigação intensa.



O rato nadou na piscina até encontrar a plataforma escondida, onde encontrou a sua fuga à água.

Fronteiras da investigação



Os condutores de táxi de Londres têm que conhecer muito bem a cidade antes de serem autorizados a trabalhar na cidade. Quando os investigadores colocaram taxistas experientes num aparelho de imagiologia cerebral e lhes pediram para imaginar um percurso desde Marble Arch até Elephant and Castle, observaram uma grande activação no córtex parahipocampal direito (área a vermelho). Os "scans" estruturais de MRI dos condutores de táxi revelaram alterações no tamanho relativo de partes do hipocampo que poderão estar correlacionadas com a eficiência na sua capacidade de recordar os percursos citadinos – embora possa haver interacção de outros factores

Podemos melhorar a memória?

Todos nós pensamos que seria bom aumentar a capacidade ou persistência da nossa memória. As pessoas idosas queixam-se muitas vezes da sua memória. No entanto, caso ocorra melhoria da memória esta terá seguramente um preço. Isto acontece porque uma boa memória envolve um equilíbrio entre recordar e esquecer. Se conseguíssemos melhorar a nossa memória poderíamos depois ter dificuldade em esquecer todas as banalidades que nos acontecem diariamente, e que não nos trazem vantagem nenhuma em serem memorizadas. A dupla face da boa memória ('yin e yang') funciona em equilíbrio de modo a recordar e organizar no cérebro o que é necessário, mas permite ao mesmo tempo esquecer as coisas que são menos importantes. Parece improvável que alguma vez venhamos a ter um comprimido mágico para aumentar a memória, pelo menos em pessoas normais. A evolução trabalhou de modo a assegurar que este sistema funciona em equilíbrio.

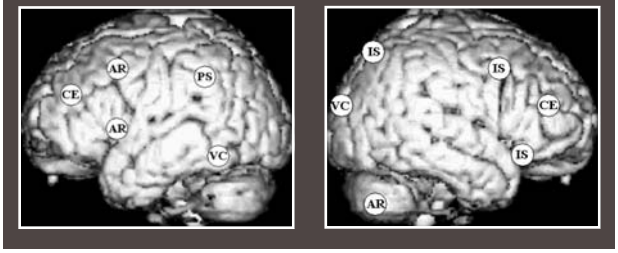
Problemas de memória mais sérios podem ser parcialmente aliviados com fármacos que melhoram o funcionamento de receptores NMDA e AMPA, ou então com fármacos que estimulam a cascata de segundos mensageiros identificados em estudos de aprendizagem. Também deveria ser útil identificar alguma via para contrariar a evolução de doenças neurodegenerativas, com a doença de Alzheimer que afecta precocemente a memória. Esta é uma área de investigação actual e muito apelativa para neurocientistas a trabalhar em universidades, em institutos de investigação e companhias farmacêuticas. Além disto, uma vez que as populações dos países desenvolvidos se encontram a envelhecer, novos tratamentos que ajudem a viver uma vida independente, por mais tempo, são extremamente importantes.

No entanto, alguns cientistas acreditam que a **engenharia cognitiva** terá que ser desenvolvida a par de novos fármacos. Talvez não tenha lido ou não tenha ouvido falar tanto em engenharia cognitiva como em novos fármacos, mas não é nada menos importante. A ideia, neste caso, é aprender como é que a informação é codificada, armazenada, consolidada (o processo de "fixação") e depois recordada. Alguns exemplos incluem: prestar atenção, treino de navegação de modo a desenvolver capacidade de orientação, e procurar frequentemente recordar elementos que se querem memorizar, de modo a promover o processo de "fixação" de memórias. Alguns pacientes idosos com falhas de memória encontraram um sistema auxiliador bastante útil, chamado "Neuropágina" – lembra o que devem fazer de seguida, e assim ajuda a estruturar as tarefas do seu dia, que de outro modo seriam esquecidas. A identificação dos princípios que funcionam na memória episódica e na aprendizagem de tarefas também é essencial – nunca irá aprender a desempenhar uma tarefa só por ouvir falar dela, se bem que isto funciona bem com a memória episódica. Qualquer pessoa que tente aprender a realizar uma tarefa terá que treinar bastante, por exemplo os alunos de música têm que treinar repetidamente.

Alan Baddeley
Desenvolveu a ideia de memória de trabalho, que consiste na interacção de diferentes sistemas.



O armazém fonológico, estruturas responsáveis por esboços visuo-espaciais e sistema executor central estão localizados em diferentes partes do cérebro



Quer ter algumas experiências de memória?
http://www.exploratorium.edu/brain_explorer/memory.html