



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Sistema Nervoso

Profa. Roberta Paresque

O sistema nervoso é um sistema orgânico muito complexo. No livro de Peter D. Kramer, um pesquisador farmacêutico disse: "Se o cérebro humano fosse simples o suficiente para nosso entendimento, seríamos simples demais para entendê-lo" (1994). Essa citação é do início dos anos 1990; nas três décadas seguintes, o progresso continuou a um ritmo surpreendente nas disciplinas científicas da neurociência.

Uma maneira fácil de começar a entender a estrutura do sistema nervoso é começar com as grandes divisões e avançar para um entendimento mais profundo. Em outras seções, os detalhes mais sutis do sistema nervoso serão explicados, mas olhar para uma visão geral do sistema permitirá que você comece a compreender como suas partes funcionam juntas.

Estrutura e Funções do Sistema Nervoso

Os sistemas nervosos centrais e periféricos

A imagem que você tem em mente do sistema nervoso provavelmente inclui o cérebro, o tecido nervoso contido no crânio e a medula espinhal, a extensão do tecido nervoso dentro da coluna vertebral. Além disso, o tecido nervoso que se estende do cérebro e da medula espinhal para o resto do corpo (nervos) também faz parte do sistema nervoso.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Podemos dividir anatomicamente o sistema nervoso em duas regiões principais:

1. O sistema nervoso central (SNC) que compreende o cérebro e a medula espinhal;
2. o sistema nervoso periférico (SNP) que são os nervos.

O cérebro está contido na cavidade craniana e a medula espinhal está contida no canal vertebral da coluna vertebral. O sistema nervoso periférico tem esse nome porque está na periferia - ou seja, além do cérebro e da medula espinhal.

Divisão funcional do Sistema Nervoso

Além das divisões anatômicas listadas acima, o sistema nervoso também pode ser dividido com base em suas funções. O sistema nervoso está envolvido em **receber** informações sobre o ambiente ao nosso redor (funções sensoriais, sensação), **gerar** respostas a essas informações (funções motoras, respostas) e **coordenar** os dois (integração).

A sensação refere-se ao recebimento de informações sobre o ambiente, seja o que está acontecendo fora (ex: calor do sol) ou dentro do corpo (ex: calor da atividade muscular). Essas sensações são conhecidas como estímulos e diferentes receptores sensoriais são responsáveis por detectar diferentes estímulos. A informação sensorial viaja em direção ao SNC através dos nervos do SNP na divisão específica conhecida como ramo aferente (sensorial) do SNP. Quando a informação surge de receptores sensoriais na pele, músculos esqueléticos ou articulações, isso é conhecido como informação sensorial



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

somática; quando a informação surge de receptores sensoriais nos vasos sanguíneos ou órgãos internos, isso é conhecido como informação sensorial visceral.

O sistema nervoso produz uma resposta em órgãos efetores (como músculos ou glândulas) devido aos estímulos sensoriais. O ramo motor (eferente) do SNP transporta sinais do SNC para os órgãos efetores. Quando o órgão efector é um músculo esquelético, a informação é chamada de motor somático; quando o órgão efector é cardíaco ou músculo liso ou tecido glandular, a informação é chamada de motor visceral (autônomo). As respostas voluntárias são governadas pelo sistema nervoso somático e as respostas involuntárias são governadas pelo sistema nervoso autônomo, que são discutidas na próxima seção.

Os estímulos recebidos pelas estruturas sensoriais são comunicados ao sistema nervoso, onde a informação é processada. Isso é chamado de integração. No SNC, os estímulos são comparados ou integrados a outros estímulos, memórias de estímulos anteriores ou ao estado de uma pessoa em um determinado momento. Isso leva à resposta específica que será gerada.

Conceitos importantes

- Cérebro: o principal órgão do sistema nervoso central contido no crânio e contínuo com a medula espinhal



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

- Medula espinhal: órgão do sistema nervoso central localizado na cavidade vertebral e conectado à periferia por meio dos nervos espinhais; medeia comportamentos reflexos
- Sistema nervoso central (SNC): divisão anatômica do sistema nervoso que inclui o cérebro e a medula espinhal
- Sistema nervoso periférico (SNP): divisão anatômica do sistema nervoso que se estende do cérebro e da medula espinhal ao resto do corpo
- Sistema nervoso autônomo: divisão funcional do ramo eferente do SNP que é responsável pelo controle do músculo cardíaco e liso, bem como do tecido glandular
- Sistema nervoso somático (SNS): divisão funcional do sistema nervoso que se relaciona com a percepção consciente, movimento voluntário e reflexos do músculo esquelético
- Estímulo: um evento no ambiente externo ou interno que se registra como atividade em um neurônio sensorial
- Sensação: função do sistema nervoso que recebe informações do meio ambiente e as traduz em sinais elétricos do tecido nervoso
- Resposta: função do sistema nervoso que faz com que um tecido alvo (músculo ou glândula) produza um evento como consequência de estímulos
- Integração: função do sistema nervoso que processa as percepções sensoriais e produz uma resposta



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Tecido Nervoso

O tecido nervoso é composto por dois tipos de células, neurônios e células gliais. Os neurônios são responsáveis pela computação e comunicação que o sistema nervoso fornece. São células eletricamente ativas e liberam sinais químicos para se comunicarem entre si e com as células-alvo. As células da glia, ou glia ou neuroglia, são muito menores que os neurônios e desempenham um papel de suporte para o tecido nervoso. As células gliais mantêm o ambiente extracelular ao redor dos neurônios, melhoram a condução do sinal nos neurônios e os protegem de patógenos.

Anatomia do neurônio

Os neurônios são células nucleadas com propriedades estruturais especializadas. Alguns neurônios têm uma única extensão longa (axônio) que alcança grandes distâncias, outros são células muito pequenas em forma de estrela sem axônios óbvios.

Embora as formas dos neurônios variem muito, cada neurônio hospeda em seu núcleo uma região conhecida como corpo celular. O corpo celular possui muitas projeções curtas e uma longa projeção (axônio). Essas projeções curtas são dendritos que recebem a maior parte da entrada estímulos de outros neurônios ou estímulos no ambiente extracelular; a localização dos dendritos no neurônio marca a região receptiva do neurônio. Os dendritos são geralmente altamente ramificados, fornecendo locais para a comunicação entre os neurônios.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Os neurônios têm polaridade - o que significa que a informação flui em uma **única** direção através do neurônio. No neurônio, a informação flui dos dendritos, através do corpo celular e daí passa pelo grande axônio. Frequentemente, os axônios são envolvidos por bainhas de mielina, deixando seções expostas (nódulo de Ranvier) entre os segmentos de mielina. A mielina é produzida por oligodendrócitos (células gliais) no SNC e atua como isolamento elétrico, acelerando a condução de informações pelo neurônio. Quando a informação chega à extremidade terminal desse neurônio, ela é transferida para outra célula. **O local de comunicação entre um neurônio e sua célula-alvo é chamado de sinapse.** A extremidade terminal tem vários ramos, cada um com um bulbo final sináptico para armazenar produtos químicos necessários para a comunicação com a próxima célula.

Tipos de Neurônios

Existem trilhões de neurônios no sistema nervoso e a forma das células pode variar amplamente. Três formas comuns de neurônios são:

Os **neurônios multipolares** têm vários processos emergindo de seus corpos celulares (daí seu nome, multipolar). Eles têm dendritos anexados a seus corpos celulares e, frequentemente, um longo axônio. Os neurônios motores são neurônios multipolares, como a maioria do SNC.

Os **neurônios bipolares** têm dois processos, que se estendem de cada extremidade do corpo celular, opostos um ao outro. Um é o axônio e o outro o dendrito. As células



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

bipolares não são muito comuns. Eles são encontrados principalmente no epitélio olfatório (onde os estímulos olfativos são sentidos) e como parte da retina do olho.

Os **neurônios unipolares** têm um longo axônio emergindo do corpo celular, mas o corpo celular não está localizado em nenhuma das extremidades do axônio. Em uma extremidade do axônio estão os dendritos e, na outra extremidade, o axônio forma conexões sinápticas com uma célula-alvo. As células unipolares são neurônios exclusivamente sensoriais e têm seus dendritos na periferia, onde detectam estímulos.

As demais células, como as **células da Glia** deverão ser abordadas na disciplina de histologia.

Sistema nervoso central

O cérebro e a medula espinhal fazem parte do sistema nervoso central e representam os principais órgãos do sistema nervoso. A medula espinhal é uma estrutura única, enquanto o cérebro adulto é descrito em termos de quatro regiões principais: o cérebro - ou telencéfalo, o diencéfalo, o tronco cerebral e o cerebelo. As experiências conscientes de uma pessoa são baseadas na atividade neural do cérebro. A regulação da homeostase é governada por uma região especializada no cérebro. A coordenação dos reflexos depende da integração das vias sensoriais e motoras que ocorre na medula espinhal.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

O Cérebro

Os icônicos hemisférios direito e esquerdo é o cérebro. A sua parte mais externa é o córtex cerebral, e o resto da estrutura está abaixo dessa cobertura externa. Existe uma grande separação entre os dois lados do cérebro chamada fissura longitudinal. Ele separa o cérebro em duas metades distintas, um hemisfério cerebral direito e esquerdo. No interior do cérebro, a substância branca do corpo caloso fornece a principal via de comunicação entre os dois hemisférios do córtex cerebral.

Muitas funções neurológicas superiores como memória, emoção e consciência, são o resultado da função cerebral. A complexidade do cérebro é diferente entre as espécies de vertebrados. Nos mamíferos, o cérebro compreende a massa cinzenta externa que é o córtex (da palavra latina que significa “casca de uma árvore”) e vários núcleos profundos que pertencem a três grupos funcionais importantes. Os núcleos basais são responsáveis pelo processamento cognitivo, sendo a função mais importante a associada ao planejamento dos movimentos. O prosencéfalo basal contém núcleos que são importantes para o aprendizado e a memória. O córtex límbico é a região do córtex cerebral que faz parte do sistema límbico, um conjunto de estruturas envolvidas na emoção, memória e comportamento.

Córtex cerebral

O cérebro é coberto por uma camada contínua de matéria cinzenta que envolve os dois lados do telencéfalo - o córtex cerebral. Essa região fina e extensa de substância



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

cinzenta “enrugada” é responsável pelas funções superiores do sistema nervoso. Um giro é a crista de uma dessas “rugas”, e um sulco é a região entre dois giros. O padrão dessas dobras de tecido indica regiões específicas do córtex cerebral.

A cabeça é limitada pelo tamanho do canal de parto, e o cérebro deve caber dentro da cavidade do crânio. O dobramento extenso do córtex cerebral permite que mais matéria cinzenta se encaixe neste espaço limitado. Se a massa cinzenta do córtex fosse retirada do cérebro e colocada de forma plana, sua área de superfície seria aproximadamente igual a um metro quadrado.

O dobramento do córtex maximiza a quantidade de matéria cinzenta na cavidade craniana. Durante o desenvolvimento embrionário, conforme o telencéfalo se expande dentro do crânio, o cérebro passa por um curso regular de crescimento que resulta no cérebro de todos tendo um padrão semelhante de dobras. A superfície do cérebro pode ser mapeada com base na localização de grandes giros e sulcos. Usando esses pontos de referência, o córtex pode ser separado em quatro regiões principais, ou lobos. O sulco lateral que separa o lobo temporal das outras regiões é um desses marcos. Superior ao sulco lateral estão o lobo parietal e o lobo frontal, que são separados um do outro pelo sulco central. A região posterior do córtex é o lobo occipital, que não tem nenhuma borda anatômica óbvia entre ele e os lobos parietal ou temporal na superfície lateral do cérebro. Na superfície medial, um ponto de referência óbvio que separa os lobos parietal e occipital é chamado de sulco parieto-occipital.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Diferentes regiões do córtex cerebral podem ser associadas a funções específicas, um conceito conhecido como localização de função. No início dos anos 1900, um neurocientista alemão chamado Korbinian Brodmann realizou um extenso estudo da anatomia microscópica - a citoarquitetura - do córtex cerebral e dividiu o córtex em 52 regiões separadas com base na histologia do córtex. Seu trabalho resultou em um sistema de classificação conhecido como áreas de Brodmann, que ainda é usado hoje para descrever as distinções anatômicas dentro do córtex. Os resultados do trabalho de Brodmann sobre a anatomia se alinham muito bem com as diferenças funcionais dentro do córtex. As áreas 17 e 18 no lobo occipital são responsáveis pela percepção visual primária. Essa informação visual é complexa, por isso é processada nos lobos temporal e parietal também.

O lobo temporal está associado à sensação auditiva primária, conhecida como áreas de Brodmann 41 e 42 no lobo temporal superior. Como as regiões do lobo temporal fazem parte do sistema límbico, a memória é uma função importante associada a esse lobo. A memória é essencialmente uma função sensorial; as memórias são sensações lembradas, como o cheiro da comida da mamãe ou o som de um cachorro latindo. Mesmo as memórias de movimento são na verdade a memória do feedback sensorial desses movimentos, como o alongamento dos músculos ou o movimento da pele ao redor de uma articulação. As estruturas no lobo temporal são responsáveis por estabelecer a memória de longo prazo, mas a localização final dessas memórias é geralmente na região em que a percepção sensorial foi processada.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

A principal sensação associada ao lobo parietal é a somatossensação, ou seja, as sensações gerais associadas ao corpo. Posteriormente ao sulco central está o giro pós-central, o córtex somatossensorial primário, que é identificado como as áreas 1, 2 e 3 de Brodmann. Todos os sentidos táteis são processados nesta área, incluindo toque, pressão, cócegas, dor, coceira, e vibração, bem como sentidos mais gerais do corpo, como propriocepção e cinestesia, que são os sentidos de posição e movimento do corpo, respectivamente.

Anterior ao sulco central está o lobo frontal, que está principalmente associado às funções motoras. O giro pré-central é o córtex motor primário. As células dessa região do córtex cerebral são os neurônios motores superiores que instruem as células da medula espinhal e do tronco cerebral (neurônios motores inferiores) a mover os músculos esqueléticos. Anteriormente a esta região estão algumas áreas associadas a movimentos planejados. A área pré-motora é responsável por armazenar algoritmos de movimento aprendidos que são instruções para movimentos complexos. Diferentes algoritmos ativam os neurônios motores superiores na sequência correta quando uma atividade motora complexa é realizada. Os campos oculares frontais são importantes para estimular os movimentos oculares de varredura e atender aos estímulos visuais. A área de Broca é responsável pela produção da linguagem, ou seja, pelo controle dos movimentos responsáveis pela fala; na grande maioria das pessoas, ele está localizado apenas no lado esquerdo. Anterior a essas regiões está o lobo pré-frontal, que desempenha funções cognitivas que podem ser a base da personalidade, da memória de curto prazo e da consciência. A lobotomia pré-frontal é um



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

modo desatualizado de tratamento para transtornos de personalidade (condições psiquiátricas) que afetam profundamente a personalidade do paciente.

A área 17, como Brodmann a descreveu, também é conhecida como córtex visual primário. Adjacentes a ela estão as áreas 18 e 19, que constituem regiões subsequentes de processamento visual. A área 22 é o córtex auditivo primário e é seguida pela área 23, que processa posteriormente as informações auditivas. A área 4 é o córtex motor primário no giro pré-central, enquanto a área 6 é o córtex pré-motor. Essas áreas sugerem alguma especialização dentro do córtex para o processamento funcional, tanto nas regiões sensoriais quanto nas motoras. O fato de que as áreas de Brodmann se correlacionam tão intimamente com a localização funcional no córtex cerebral demonstra a forte ligação entre estrutura e função nessas regiões.

As áreas 1, 2, 3, 4, 17 e 22 são cada uma descritas como áreas corticais primárias. Cada uma das regiões adjacentes é chamada de áreas de associação. As áreas primárias são onde as informações sensoriais são inicialmente recebidas do tálamo para a percepção consciente ou - no caso do córtex motor primário - onde comandos descendentes são enviados ao tronco cerebral ou medula espinhal para executar movimentos.

Funções do córtex cerebral

O cérebro é a sede de muitas das funções mentais superiores, como memória e aprendizado, linguagem e percepção consciente, que são objetos de subtestes do exame do estado mental. O córtex cerebral é a fina camada de matéria cinzenta na região mais



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

superficial do cérebro. Tem aproximadamente um milímetro de espessura na maioria das regiões e é altamente dobrado para caber no espaço limitado da abóbada craniana. As funções superiores são distribuídas por várias regiões do córtex, por exemplo, há um conjunto limitado de regiões que estão envolvidas na função da linguagem e podem ser subdivididas com base na parte específica da função da linguagem que cada uma governa.

Várias outras regiões, que se estendem além dessas áreas primárias ou de associação do córtex, são chamadas de áreas integrativas. Essas áreas são encontradas nos espaços entre os domínios de funções sensoriais ou motoras específicas e integram informações multissensoriais ou processam informações sensoriais ou motoras de maneiras mais complexas. Considere, por exemplo, o córtex parietal posterior que fica entre o córtex somatossensorial e as regiões do córtex visual. Isso tem sido atribuído à coordenação das funções visuais e motoras, como estender a mão para pegar um copo. A função somatossensorial que faria parte disso é o feedback proprioceptivo do movimento do braço e da mão. O peso do vidro, com base no que contém, influenciará a forma como esses movimentos são executados.

Habilidades cognitivas

A avaliação das funções cerebrais é direcionada às habilidades cognitivas. As habilidades avaliadas por meio do exame do estado mental podem ser separadas em quatro grupos: orientação e memória, linguagem e fala, sensório e julgamento e raciocínio abstrato.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Orientação e Memória

Orientação é a consciência do paciente de suas circunstâncias imediatas. É a consciência do tempo, não em termos de relógio, mas da data e do que está acontecendo ao redor do paciente. É a consciência do lugar, de forma que o paciente saiba onde está e por quê. É também a consciência de quem é o paciente - reconhecer a identidade pessoal e ser capaz de relacioná-la ao examinador. Os testes iniciais de orientação baseiam-se nas questões "Você sabe qual é a data?" ou "Você sabe onde está?" ou "Qual é o seu nome?" Uma compreensão maior da consciência de orientação de um paciente pode vir de perguntas que abordam a memória remota, como "Quem é o presidente dos Estados Unidos?", Ou perguntando o que aconteceu em uma data específica.

Existem também tarefas específicas para endereçar a memória. Um é o teste de evocação de três palavras. O paciente recebe três palavras para lembrar, como livro, relógio e pá. Após um curto intervalo, durante o qual outras partes da entrevista continuam, o paciente é solicitado a relembrar as três palavras. Outras tarefas que avaliam a memória - além daquelas relacionadas à orientação - fazem o paciente recitar os meses do ano em ordem reversa para evitar a sequência superaprendida e se concentrar na memória dos meses em uma ordem, ou soletrar palavras comuns ao contrário, ou para recitar uma lista de números de volta.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

A memória é em grande parte uma função do lobo temporal, junto com as estruturas abaixo do córtex cerebral, como o hipocampo e a amígdala. O armazenamento da memória requer essas estruturas do lobo temporal medial. Um caso famoso de um homem que teve os dois lobos temporais mediais removidos para tratar a epilepsia intratável forneceu uma visão sobre a relação entre as estruturas do cérebro e a função da memória.

Henry Molaison, que foi referido como paciente HM quando estava vivo, tinha epilepsia localizada em ambos os lobos temporais mediais. Em 1953, uma lobectomia bilateral foi realizada que aliviou a epilepsia, mas resultou na incapacidade de HM formar novas memórias - uma condição chamada amnésia anterógrada. HM foi capaz de lembrar a maioria dos eventos anteriores à cirurgia, embora tenha havido uma perda parcial das memórias anteriores, o que é conhecido como amnésia retrógrada. HM tornou-se objeto de extensos estudos sobre o funcionamento da memória. O que ele não conseguiu fazer foi formar novas memórias do que aconteceu com ele, o que agora é chamado de memória episódica. A memória episódica é de natureza autobiográfica, como a lembrança de andar de bicicleta quando criança pela vizinhança, em oposição à memória procedimental de como andar de bicicleta. HM também reteve sua memória de curto prazo, como o que é testado pela tarefa de três palavras descrita acima. Após um breve período, essas memórias se dissipariam ou se deteriorariam e não seriam armazenadas em longo prazo porque as estruturas do lobo temporal medial foram removidas.

A diferença na memória de curto prazo, de procedimento e episódica, conforme evidenciado pelo paciente HM, sugere que existem diferentes partes do cérebro



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

responsáveis por essas funções. O armazenamento de longo prazo da memória episódica requer o hipocampo e estruturas temporais mediais relacionadas, e a localização dessas memórias acontece nas áreas de integração multimodal do córtex cerebral. No entanto, a memória de curto prazo - também chamada de memória ativa ou de trabalho - está localizada no lobo pré-frontal. Como o paciente HM só perdeu seu lobo temporal medial - e perdeu muito pouco de suas memórias anteriores, e não perdeu a capacidade de formar novas memórias de curto prazo - concluiu-se que a função do hipocampo e estruturas adjacentes na região medial lobo temporal, é mover (ou consolidar) memórias de curto prazo (no lobo pré-frontal) para memória de longo prazo (no lobo temporal).

O córtex pré-frontal também pode ser testado quanto à capacidade de organizar informações. Em um subteste do exame do estado mental denominado geração de conjuntos, o paciente é solicitado a gerar uma lista de palavras que começam com a mesma letra, mas não incluem substantivos próprios ou nomes. A expectativa é que uma pessoa possa gerar essa lista de pelo menos 10 palavras em 1 minuto. Muitas pessoas provavelmente podem fazer isso muito mais rapidamente, mas o padrão separa o normal aceito daqueles com córtex pré-frontal comprometido.

Linguagem e fala

A linguagem é, sem dúvida, um aspecto muito humano da função neurológica. Certamente há avanços sendo feitos na compreensão da comunicação em outras espécies, mas muito do que torna a experiência humana aparentemente única é sua base na



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

linguagem. Qualquer compreensão de nossa espécie é necessariamente reflexiva, conforme sugerido pela pergunta "O que sou eu?" E a resposta fundamental a esta questão é sugerida pela famosa citação de René Descartes: "Cogito Ergo Sum" (traduzido do latim como "penso, logo existo"). Formular uma compreensão de si mesmo é, em grande parte, descrever quem você é para si mesmo. É um tópico confuso de se aprofundar, mas a linguagem certamente está no centro do que significa ter autoconsciência.

O exame neurológico possui dois subtestes específicos que abordam a linguagem. Um mede a capacidade do paciente de compreender a linguagem, pedindo-lhes para seguir um conjunto de instruções para realizar uma ação, como "toque o dedo direito no cotovelo esquerdo e depois no joelho direito". Outro subteste avalia a fluência e coerência da linguagem fazendo com que o paciente gere descrições de objetos ou cenas retratadas em desenhos e recite frases ou explique uma passagem escrita. A linguagem, no entanto, é importante de muitas maneiras no exame neurológico. O paciente precisa saber o que fazer, se é tão simples como explicar como o reflexo de impulso do joelho será realizado ou fazer uma pergunta como "Qual é o seu nome?" Frequentemente, os déficits de linguagem podem ser determinados sem subtestes específicos; se uma pessoa não puder responder a uma pergunta adequadamente, pode haver um problema de recepção da linguagem.

Um exemplo importante de áreas integrativas multimodais está associado à função da linguagem. Adjacente ao córtex de associação auditiva, no final do sulco lateral imediatamente anterior ao córtex visual, está a área de Wernicke. No aspecto lateral do lobo frontal, logo anterior à região do córtex motor associado à cabeça e pescoço, está a área de



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Broca. Ambas as regiões foram originalmente descritas com base nas perdas de fala e linguagem, o que é chamado de afasia. A afasia associada à área de Broca é conhecida como afasia expressiva, o que significa que a produção da fala está comprometida. Este tipo de afasia é frequentemente descrito como falta de fluência porque a capacidade de dizer algumas palavras leva à interrupção ou interrupção da fala. A gramática também pode parecer perdida. A afasia associada à área de Wernicke é conhecida como afasia receptiva, que não é uma perda de produção da fala, mas uma perda de compreensão do conteúdo. Os pacientes, após se recuperarem de formas agudas dessa afasia, relatam não serem capazes de entender o que lhes é dito ou o que eles próprios estão dizendo, mas muitas vezes não conseguem deixar de falar.

As duas regiões são conectadas por tratos de substância branca que correm entre o lobo temporal posterior e o aspecto lateral do lobo frontal. A afasia de condução associada a danos a essa conexão refere-se ao problema de conectar a compreensão da linguagem à produção da fala. Esta é uma condição muito rara, mas pode se apresentar como uma incapacidade de repetir fielmente a linguagem falada.

Estímulos Sensoriais

O córtex cerebral possui várias regiões que são necessárias para a percepção sensorial. Desde as áreas corticais primárias dos sentidos somatossensorial, visual, auditivo e gustativo até as áreas de associação que processam informações nessas modalidades, o córtex cerebral é a sede da percepção sensorial consciente. Em contraste, as informações



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

sensoriais também podem ser processadas por regiões cerebrais mais profundas, que podemos vagamente descrever como subscientes - por exemplo, não estamos constantemente cientes das informações proprioceptivas que o cerebelo usa para manter o equilíbrio. Vários dos subtestes podem revelar atividades associadas a essas modalidades sensoriais, como ser capaz de ouvir uma pergunta ou ver uma imagem. Dois subtestes avaliam funções específicas dessas áreas corticais.

A primeira é a práxis, um exercício prático em que o paciente realiza uma tarefa totalmente com base na descrição verbal, sem qualquer demonstração do examinador. Por exemplo, pode-se dizer ao paciente para pegar sua mão esquerda e colocá-la com a palma para baixo sobre a coxa esquerda, virá-la de modo que a palma fique voltada para cima e repetir isso quatro vezes. O examinador descreve a atividade sem nenhum movimento de sua parte para sugerir como os movimentos devem ser realizados. O paciente precisa entender as instruções, transformá-las em movimentos e usar o feedback sensorial, tanto visual quanto proprioceptivo, para realizar os movimentos corretamente.

O segundo subteste para percepção sensorial é a gnose, que envolve duas tarefas. A primeira tarefa, conhecida como estereognosia, envolve a nomeação de objetos estritamente com base na informação somatossensorial que vem de sua manipulação. O paciente mantém os olhos fechados e recebe um objeto comum, como uma moeda, que ele deve identificar. O paciente deve ser capaz de indicar o tipo específico de moeda, como uma moeda de dez centavos versus um centavo, ou um centavo versus um quarto, com base nas pistas sensoriais envolvidas. Por exemplo, o tamanho, espessura ou peso da moeda pode ser



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

uma indicação, ou para diferenciar os pares de moedas sugeridos aqui, a borda lisa ou ondulada da moeda corresponderá à denominação particular. A segunda tarefa, grafestesia, é reconhecer números ou letras escritos na palma da mão com um ponteiro cego, como a tampa de uma caneta.

A práxis e a gnose estão relacionadas à percepção consciente e ao processamento cortical da informação sensorial. Ser capaz de transformar comandos verbais em uma sequência de respostas motoras, ou de manipular e reconhecer um objeto comum e associá-lo a um nome para aquele objeto. Ambos os subtestes têm componentes de linguagem porque a função da linguagem é parte integrante dessas funções. Sugere-se que a relação entre as palavras que descrevem ações, ou substantivos que representam objetos, e a localização cerebral desses conceitos, esteja localizada em áreas corticais específicas. Certas afasias podem ser caracterizadas por um déficit de verbos ou substantivos, conhecido como deficiência de V ou deficiência de N, ou podem ser classificadas como dissociação de V – N. Os pacientes têm dificuldade em usar um tipo de palavra em vez de outra. Para descrever o que está acontecendo em uma fotografia como parte do subteste de linguagem expressiva, o paciente usará uma linguagem ativa ou baseada em imagens. A falta de um ou outro desses componentes da linguagem pode estar relacionada à capacidade de usar verbos ou substantivos. Danos na região em que os lobos frontal e temporal se encontram, incluindo a região conhecida como ínsula, estão associados ao comprometimento de V; danos ao lobo temporal médio e inferior estão associados ao comprometimento de N.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Julgamento e Raciocínio Abstrato

O planejamento e a produção de respostas requerem a capacidade de entender o mundo que nos cerca. Fazer julgamentos e raciocinar de forma abstrata são necessários para produzir movimentos como parte de respostas mais amplas. Por exemplo, quando o alarme dispara, você aperta o botão de soneca ou pula da cama? 10 minutos extras na cama compensam a pressa extra para se preparar para o dia? Apertar o botão de soneca várias vezes fará com que você se sinta mais descansado ou entre em pânico ao se atrasar? O modo como você processa mentalmente essas questões pode afetar todo o seu dia.

O córtex pré-frontal é responsável pelas funções de planejamento e pela tomada de decisões. No exame do estado mental, o subteste que avalia o julgamento e o raciocínio é direcionado a três aspectos da função do lobo frontal. Primeiro, o examinador faz perguntas sobre a resolução de problemas, como "Se você visse uma casa pegando fogo, o que você faria?" O paciente também é solicitado a interpretar provérbios comuns, como "Cavalo dado não se olha os dentes." Além disso, pares de palavras são comparados por semelhanças, como maçã e laranja ou lâmpada e armário.

O córtex pré-frontal é composto pelas regiões do lobo frontal que não estão diretamente relacionadas a funções motoras específicas. A região mais posterior do lobo frontal, o giro pré-central, é o córtex motor primário. Anteriormente, estão o córtex pré-motor, a área de Broca e os campos oculares frontais, todos relacionados ao planejamento de certos tipos de movimentos. Anteriormente ao que poderia ser descrito como áreas de associação motora, estão as regiões do córtex pré-frontal. Eles são as regiões



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

em que o julgamento, o raciocínio abstrato e a memória de trabalho estão localizados. Os antecedentes para planejar certos movimentos são julgar se esses movimentos devem ser feitos, como no exemplo de decidir se deve apertar o botão de soneca.

Até certo ponto, o córtex pré-frontal pode estar relacionado à personalidade. O exame neurológico não avalia necessariamente a personalidade, mas pode estar dentro dos domínios da neurologia ou da psiquiatria.

Uma prática psiquiátrica para lidar com vários distúrbios era a lobotomia pré-frontal. Esse procedimento era comum na década de 1940 e no início da década de 1950, até que os antipsicóticos se tornaram disponíveis. As conexões entre o córtex pré-frontal e outras regiões do cérebro foram cortadas. Os transtornos associados a esse procedimento incluíam alguns aspectos do que agora são chamados de transtornos de personalidade, mas também incluíam transtornos de humor e psicoses. Representações de lobotomias na mídia popular sugerem uma ligação entre o corte da substância branca do córtex pré-frontal e mudanças no humor e na personalidade de um paciente, embora essa correlação não seja bem compreendida.

O exame de status mental

O cérebro, particularmente o córtex cerebral, é o local de importantes funções cognitivas que são o foco do exame do estado mental. A regionalização do córtex, inicialmente descrita com base em evidências anatômicas da citoarquitetura, revela a distribuição de áreas funcionalmente distintas. As regiões corticais podem ser descritas



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

como áreas sensoriais ou motoras primárias, áreas de associação ou áreas de integração multimodal. As funções atribuídas a essas regiões incluem atenção, memória, linguagem, fala, sensação, julgamento e raciocínio abstrato.

O exame do estado mental aborda essas habilidades cognitivas por meio de uma série de subtestes concebidos para eliciar comportamentos específicos atribuídos a essas funções. A perda da função neurológica pode ilustrar a localização do dano ao cérebro. As funções de memória são atribuídas ao lobo temporal, particularmente às estruturas do lobo temporal medial conhecidas como hipocampo e amígdala, junto com o córtex adjacente. A evidência da importância dessas estruturas vem dos efeitos colaterais de uma lobectomia temporal bilateral que foram estudados em detalhes no paciente HM.

As perdas das funções da linguagem e da fala, conhecidas como afasias, estão associadas a danos nas áreas de integração importantes no hemisfério esquerdo conhecidas como áreas de Broca ou Wernicke, bem como as conexões na substância branca entre elas. Diferentes tipos de afasia são nomeados de acordo com as estruturas particulares que estão danificadas. A avaliação das funções do sensorio inclui práxis e gnose. Os subtestes relacionados a essas funções dependem da integração multimodal, bem como do processamento dependente do idioma.

O córtex pré-frontal contém estruturas importantes para planejamento, julgamento, raciocínio e memória de trabalho. Danos nessas áreas podem resultar em mudanças de personalidade, humor e comportamento.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Estruturas subcorticais

Abaixo do córtex cerebral estão conjuntos de núcleos conhecidos como núcleos subcorticais que aumentam os processos corticais. Os núcleos do prosencéfalo basal servem como local primário para a produção de acetilcolina, que modula a atividade geral do córtex, possivelmente levando a uma maior atenção aos estímulos sensoriais. A doença de Alzheimer está associada a uma perda de neurônios no prosencéfalo basal. O hipocampo e a amígdala são estruturas do lobo medial que, junto com o córtex adjacente, estão envolvidas na formação da memória de longo prazo e nas respostas emocionais. Os núcleos basais são um conjunto de núcleos cerebrais responsáveis por comparar o processamento cortical com o estado geral de atividade do sistema nervoso para influenciar a probabilidade de ocorrência do movimento. Por exemplo, enquanto um aluno está sentado em uma sala de aula ouvindo uma palestra, os núcleos basais impedirão que a necessidade de pular e gritar realmente aconteça. (Os núcleos basais também são chamados de gânglios da base, embora isso seja potencialmente confuso porque o termo gânglios é normalmente usado para estruturas periféricas.)

As principais estruturas dos núcleos basais que controlam o movimento são o caudado, o putâmen e o globo pálido, que estão localizados nas profundezas do cérebro. O caudado é um longo núcleo que segue a forma básica em C do cérebro desde o lobo frontal, através dos lobos parietal e occipital, até o lobo temporal. O putâmen é principalmente profundo nas regiões anteriores dos lobos frontal e parietal. Juntos, o caudado e o putâmen são chamados de estriado. O globo pálido é um núcleo em camadas que fica imediatamente



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

medial ao putâmen; eles são chamados de núcleos lenticulares porque parecem peças curvas que se encaixam como lentes. O globo pálido tem duas subdivisões, os segmentos externo e interno, que são lateral e medial, respectivamente. Esses núcleos são representados em uma secção frontal do cérebro.

Os núcleos basais do cérebro estão ligados a mais alguns núcleos do tronco cerebral que, juntos, atuam como um grupo funcional que forma uma via motora. Dois fluxos de processamento de informações ocorrem nos núcleos basais. Todas as entradas para os núcleos basais vêm do córtex para o corpo estriado. A via direta é a projeção dos axônios do estriado para o segmento interno do globo pálido (GPi) e a substância negra pars reticulata (SNr). O GPi / SNr então se projeta para o tálamo, que se projeta de volta para o córtex. A via indireta é a projeção de axônios do estriado para o segmento externo do globo pálido (GPe), depois para o núcleo subtalâmico (STN) e, finalmente, para GPi / SNr. Os dois fluxos têm como alvo o GPi / SNr, mas um tem uma projeção direta e o outro passa por alguns núcleos intermediários. A via direta causa a desinibição do tálamo (inibição de uma célula em uma célula-alvo que então inibe a primeira célula), enquanto a via indireta causa, ou reforça, a inibição normal do tálamo. O tálamo pode então excitar o córtex (como resultado da via direta) ou deixar de excitar o córtex (como resultado da via indireta).

A alternância entre as duas vias é a **substantia nigra pars compacta**, que se projeta para o corpo estriado e libera o neurotransmissor dopamina. Os receptores de dopamina são excitatórios (receptores do tipo D1) ou inibitórios (receptores do tipo D2). A via direta é ativada pela dopamina e a via indireta é inibida pela dopamina. Quando a substantia nigra



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

pars compacta está disparando, ela sinaliza aos núcleos basais que o corpo está em um estado ativo, e o movimento será mais provável. Quando a substantia nigra pars compacta está em “silêncio”, o corpo fica em um estado passivo e o movimento é inibido. Para ilustrar essa situação, enquanto um aluno está sentado ouvindo uma palestra, a substantia nigra pars compacta ficaria em silêncio e o aluno teria menos probabilidade de se levantar e andar. Da mesma forma, enquanto o professor está dando palestras e andando na frente da sala de aula, a substantia nigra pars compacta do professor estaria ativa, de acordo com seu nível de atividade.

O diencéfalo

O diencéfalo é a única região do cérebro adulto que conserva seu nome desde o desenvolvimento embriológico. A etimologia da palavra diencéfalo se traduz como "através do cérebro". É a conexão entre o cérebro e o resto do sistema nervoso, com uma exceção. O resto do cérebro, a medula espinhal e o SNP enviam informações ao cérebro por meio do diencéfalo. A saída do cérebro passa pelo diencéfalo. A única exceção é o sistema associado ao olfato, ou sentido do olfato, que se conecta diretamente com o cérebro. Nas primeiras espécies de vertebrados, o cérebro não era muito mais do que bulbos olfativos que recebiam informações periféricas sobre o ambiente químico.

O diencéfalo está profundamente abaixo do cérebro e constitui as paredes do terceiro ventrículo. O diencéfalo pode ser descrito como qualquer região do cérebro com “tálamo” em seu nome. As duas principais regiões do diencéfalo são o próprio tálamo e o



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

hipotálamo. Existem outras estruturas, como o epitélamo, que contém a glândula pineal, e o subtálamo, que inclui o núcleo subtalâmico que faz parte dos núcleos basais.

Thalamus

O tálamo é um conjunto de núcleos que transmitem informações entre o córtex cerebral e a periferia, medula espinhal ou tronco cerebral. Todas as informações sensoriais, exceto o sentido do olfato, passam pelo tálamo antes de serem processadas pelo córtex. Os axônios dos órgãos sensoriais periféricos, ou núcleos intermediários, fazem sinapses no tálamo e os neurônios talâmicos projetam-se diretamente para o cérebro. É uma sinapse necessária em qualquer via sensorial, exceto para o olfato. O tálamo não apenas passa as informações adiante, como também as processa. Por exemplo, a parte do tálamo que recebe as informações visuais influenciará quais estímulos visuais são importantes ou o que recebe atenção.

O cérebro também envia informações para o tálamo, que geralmente comunica comandos motores. Isso envolve interações com o cerebelo e outros núcleos do tronco cerebral. O cérebro interage com os núcleos basais, o que envolve conexões com o tálamo. A saída primária dos núcleos basais é para o tálamo, que retransmite essa saída para o córtex cerebral. O córtex também envia informações ao tálamo que influenciarão os efeitos dos núcleos da base.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Hipotálamo

Inferior e ligeiramente anterior ao tálamo está o hipotálamo, a outra região importante do diencefalo. O hipotálamo é uma coleção de núcleos amplamente envolvidos na regulação da homeostase. O hipotálamo é a região executiva responsável pelo sistema nervoso autônomo e pelo sistema endócrino por meio de sua regulação da glândula hipófise anterior. Outras partes do hipotálamo estão envolvidas na memória e na emoção como parte do sistema límbico.

Tronco cerebral

O mesencéfalo, a ponte e o bulbo do cérebro posterior são coletivamente chamados de “tronco cerebral”. A estrutura emerge da superfície ventral do prosencéfalo como um cone estreito que conecta o cérebro à medula espinhal. Ligado ao tronco cerebral, mas considerado uma região separada do cérebro adulto, está o cerebelo. O mesencéfalo coordena as representações sensoriais dos espaços perceptuais visuais, auditivos e somatossensoriais. A ponte é a principal conexão com o cerebelo. A ponte e o bulbo regulam várias funções cruciais, incluindo os sistemas cardiovascular e respiratório.

Os nervos cranianos se conectam através do tronco cerebral e fornecem ao cérebro a entrada sensorial e a saída motora associadas à cabeça e ao pescoço, incluindo a maioria dos sentidos especiais. As principais vias ascendentes e descendentes entre a medula espinhal e o cérebro, especificamente o cérebro, passam pelo tronco cerebral.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Mesencéfalo

Uma das regiões originais do cérebro embrionário, o mesencéfalo é uma pequena região entre o tálamo e a ponte. É separado em tectum e tegmentum, das palavras latinas para telhado e piso, respectivamente. O aqueduto cerebral passa pelo centro do mesencéfalo, de forma que essas regiões são o teto e o piso desse canal.

O tectum é composto por quatro saliências conhecidas como colículos, que significa “pequena colina” em latim. O colículo inferior faz parte da via auditiva do tronco cerebral. Os neurônios do colículo inferior se projetam para o tálamo, que então envia informações auditivas ao cérebro para a percepção consciente do som. O colículo superior combina informações sensoriais sobre o espaço visual, espaço auditivo e espaço somatossensorial. A atividade no colículo superior está relacionada à orientação dos olhos para um estímulo sonoro ou tátil. Se você estiver caminhando pela calçada do campus e ouvir o chilrear, o colículo superior coordena essa informação com a sua percepção da localização visual da árvore logo acima de você. Essa é a correlação dos mapas auditivos e visuais. Se de repente você sentir algo molhado caindo em sua cabeça, seu colículo superior integra isso aos mapas auditivos e visuais e você saberá que o chilrear do pássaro acabou de se aliviar em você. Você quer olhar para cima para ver o culpado, mas não o faz.

O tegmento é contínuo com a massa cinzenta do resto do tronco cerebral. Por todo o mesencéfalo, ponte e bulbo, o tegmento contém os núcleos que recebem e enviam



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

informações pelos nervos cranianos, bem como regiões que regulam funções importantes, como as dos sistemas cardiovascular e respiratório.

Ponte

É visível na superfície anterior do tronco encefálico como o grosso feixe de substância branca aderido ao cerebelo. A ponte é a principal conexão entre o cerebelo e o tronco cerebral. A substância branca semelhante a uma ponte é apenas a superfície anterior da ponte; a massa cinzenta abaixo disso é uma continuação do tegmento do mesencéfalo. A substância cinzenta na região do tegmento da ponte contém neurônios que recebem informações descendentes do prosencéfalo que são enviadas ao cerebelo.

Bulbo

O bulbo é a região conhecida como mielencéfalo no cérebro embrionário. A porção inicial do nome, "myel", refere-se à significativa substância branca encontrada nesta região - especialmente em seu exterior, que é contínuo com a substância branca da medula espinhal. O tegmento do mesencéfalo e ponte continua no bulbo porque essa substância cinzenta é responsável pelo processamento das informações dos nervos cranianos. Uma região difusa de substância cinzenta em todo o tronco encefálico, conhecida como formação reticular, está relacionada ao sono e à vigília, como a atividade e atenção geral do cérebro.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

O cerebelo

O cerebelo, como o nome sugere, é o "pequeno cérebro". É coberto por giros e sulcos, como o cérebro, e parece uma versão em miniatura dessa parte do cérebro. O cerebelo é em grande parte responsável por comparar as informações do cérebro com o feedback sensorial da periferia através da medula espinhal. É responsável por aproximadamente 10% da massa do cérebro.

As fibras descendentes do cérebro têm ramificações que se conectam aos neurônios da ponte. Esses neurônios se projetam no cerebelo, fornecendo uma cópia dos comandos motores enviados à medula espinhal. A informação sensorial da periferia, que entra pelos nervos espinhais ou cranianos, é copiada para um núcleo na medula conhecido como oliva inferior. As fibras desse núcleo entram no cerebelo e são comparadas com os comandos descendentes do cérebro. Se o córtex motor primário do lobo frontal envia um comando para a medula espinhal para iniciar a caminhada, uma cópia dessa instrução é enviada ao cerebelo. Feedback sensorial dos músculos e articulações, informações proprioceptivas sobre os movimentos da caminhada e sensações de equilíbrio são enviados ao cerebelo através da oliva inferior e o cerebelo os compara. Se a caminhada não for coordenada, talvez porque o terreno seja irregular ou um vento forte esteja soprando, o cerebelo envia um comando corretivo para compensar a diferença entre o comando cortical original e o feedback sensorial. A saída do cerebelo é para o mesencéfalo, que então envia uma entrada descendente para a medula espinhal para corrigir as mensagens que vão para os músculos esqueléticos.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

A medula espinhal

A descrição do SNC concentra-se nas estruturas do cérebro, mas a medula espinhal é outro órgão importante do sistema. Enquanto o cérebro se desenvolve a partir das expansões do tubo neural em vesículas primárias e depois secundárias, a medula espinhal mantém a estrutura do tubo e é especializada apenas em certas regiões. À medida que a medula espinhal continua a se desenvolver no recém-nascido, características anatômicas marcam sua superfície. A linha média anterior é marcada pela fissura mediana anterior e a linha média posterior é marcada pelo sulco mediano posterior. Os axônios entram no lado posterior através da raiz nervosa dorsal (posterior), que marca o sulco póstero-lateral em ambos os lados. Os axônios que emergem do lado anterior o fazem através da raiz nervosa ventral (anterior). Observe que é comum ver os termos dorsal (dorsal = “costas”) e ventral (ventral = “barriga”) usados indistintamente com posterior e anterior, particularmente em referência aos nervos e às estruturas da medula espinhal. Você deve aprender a se sentir confortável com os dois.

Em geral, as regiões posteriores são responsáveis pelas funções sensoriais e as anteriores estão associadas às funções motoras. Isso vem do desenvolvimento inicial da medula espinhal, que é dividida em placa basal e placa alar. A placa basal está mais próxima da linha média ventral do tubo neural, que se tornará a face anterior da medula espinhal e dará origem aos neurônios motores. A placa alar está no lado dorsal do tubo neural e dá origem aos neurônios que receberão estímulos sensoriais da periferia.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

O comprimento da medula espinhal é dividido em regiões que correspondem às regiões da coluna vertebral. O nome de uma região da medula espinhal corresponde ao nível em que os nervos espinhais passam pelo forame intervertebral. Imediatamente adjacente ao tronco encefálico está a região cervical, seguida pela torácica, depois a lombar e finalmente a região sacral. A medula espinhal não tem o comprimento total da coluna vertebral porque a medula espinhal não cresce significativamente depois do primeiro ou segundo ano, mas o esqueleto continua a crescer. Os nervos que emergem da medula espinhal passam pelo forame intervertebral nos respectivos níveis. Conforme a coluna vertebral cresce, esses nervos crescem com ela e resultam em um longo feixe de nervos que se assemelha à cauda de um cavalo e é chamado de **cauda equina**.

Cornos cinzentos da medula espinhal

Em corte transversal, a massa cinzenta da medula espinhal tem a aparência de um teste de borrão de tinta, com a propagação da massa cinzenta de um lado replicada no outro - uma forma que lembra um "H" maiúsculo bulboso. A massa cinzenta é subdividida em regiões que são chamadas de cornos. O corno posterior é responsável pelo processamento sensorial. O corno anterior envia sinais motores aos músculos esqueléticos. O corno lateral, que só é encontrado nas regiões torácica, lombar superior e sacral, é o componente central da divisão simpática do sistema nervoso autônomo.

Alguns dos maiores neurônios da medula espinhal são os neurônios motores multipolares no corno anterior. As fibras que causam a contração dos músculos esqueléticos



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

são os axônios desses neurônios. O neurônio motor que causa a contração do dedão do pé, por exemplo, está localizado na medula espinhal sacral. O axônio que deve chegar até a barriga daquele músculo pode ter um metro de comprimento. O corpo celular neuronal que mantém essa fibra longa deve ser bastante grande, possivelmente com várias centenas de micrômetros de diâmetro, o que a torna uma das maiores células do corpo.

Coluna Branca

Assim como a substância cinzenta é separada em cornos, a substância branca da medula espinhal é separada em colunas. Os tratos ascendentes das fibras do sistema nervoso nessas colunas transportam informações sensoriais até o cérebro, enquanto os tratos descendentes transmitem comandos motores do cérebro. Olhando para a medula espinhal longitudinalmente, as colunas se estendem ao longo de seu comprimento como faixas contínuas de substância branca. Entre os dois cornos posteriores da substância cinzenta estão as colunas posteriores. Entre os dois cornos anteriores, e delimitados pelos axônios dos neurônios motores emergindo dessa área de substância cinzenta, estão as colunas anteriores. A substância branca de cada lado da medula espinhal, entre o corno posterior e os axônios dos neurônios do corno anterior, são as colunas laterais. As colunas posteriores são compostas por axônios de tratos ascendentes. As colunas anterior e lateral são compostas de muitos grupos diferentes de axônios dos tratos ascendente e descendente - o último transportando comandos motores do cérebro para a medula espinhal para controlar a saída para a periferia.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Fluxo Sanguíneo das meninges e Produção e Circulação do Fluido Cerebrospinal (Líquor)

O SNC é crucial para o funcionamento do corpo e qualquer comprometimento do cérebro e da medula espinhal pode levar a graves dificuldades. O SNC tem suprimento sanguíneo privilegiado, como sugere a barreira hematoencefálica. A função do tecido no SNC é crucial para a sobrevivência do organismo, portanto, o conteúdo do sangue não pode simplesmente passar para o tecido nervoso central. Para proteger essa região das toxinas e patógenos que podem estar viajando pela corrente sanguínea, há um controle estrito sobre o que pode sair dos sistemas gerais para o cérebro e a medula espinhal. Por causa desse privilégio, o SNC necessita de estruturas especializadas para a manutenção da circulação. Isso começa com um arranjo único de vasos sanguíneos que transportam sangue fresco para o SNC. Além do suprimento de sangue, o SNC filtra esse sangue no líquido cefalorraquidiano (LCR), que então circula através das cavidades do cérebro e da medula espinhal chamadas ventrículos.

Fornecimento de sangue ao cérebro

A falta de oxigênio para o SNC pode ser devastadora, e o sistema cardiovascular tem reflexos regulatórios específicos para garantir que o suprimento de sangue não seja interrompido. Existem várias rotas para o sangue entrar no SNC, com especializações para proteger o suprimento de sangue e maximizar a capacidade do cérebro de obter uma perfusão ininterrupta.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Suprimento Arterial

A principal artéria que transporta sangue recentemente oxigenado do coração é a aorta. Os primeiros ramos da aorta fornecem nutrientes e oxigênio ao coração. Os próximos ramos dão origem às artérias carótidas comuns, que posteriormente se ramificam nas artérias carótidas internas. As artérias carótidas externas fornecem sangue aos tecidos da superfície do crânio. As bases das carótidas comuns contêm receptores de estiramento que respondem imediatamente à queda da pressão arterial ao levantar-se. O reflexo ortostático é uma reação a essa mudança na posição do corpo, de forma que a pressão arterial é mantida contra o efeito crescente da gravidade (ortostático significa “ficar em pé”). A frequência cardíaca aumenta - um reflexo da divisão simpática do sistema nervoso autônomo - e isso aumenta a pressão arterial.

A artéria carótida interna penetra no crânio através do canal carotídeo no osso temporal. Um segundo conjunto de vasos que irrigam o SNC são as artérias vertebrais, que são protegidas à medida que passam pela região do pescoço pelo forame transversos das vértebras cervicais. As artérias vertebrais entram no crânio através do forame magno do osso occipital. Ramificações das artérias vertebrais esquerda e direita fundem-se na artéria espinhal anterior que irriga a face anterior da medula espinhal, encontrada ao longo da fissura mediana anterior. As duas artérias vertebrais então se fundem na artéria basilar, que dá origem a ramos para o tronco cerebral e cerebelo. As artérias carótidas internas esquerda e direita e os ramos da artéria basilar tornam-se todos o Polígono de Willis, uma confluência



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

de artérias que pode manter a perfusão do cérebro mesmo se o estreitamento ou um bloqueio limitar o fluxo através de uma parte.

Retorno venoso

Após passar pelo SNC, o sangue retorna à circulação por meio de uma série de seios e veias durais. O seio sagital superior corre no sulco da fissura longitudinal, onde absorve o LCR das meninges. O seio sagital superior drena para a confluência dos seios da face, junto com os seios da face occipital e seio reto, para então drenar para os seios transversais. Os seios transversos se conectam aos seios sigmóides, que então se conectam às veias jugulares. A partir daí, o sangue continua em direção ao coração para ser bombeado para os pulmões para reoxigenação.

Acidentes Cerebrovasculares

Os danos ao sistema nervoso podem ser limitados a estruturas individuais ou podem ser distribuídos em amplas áreas do cérebro e da medula espinhal. Lesões localizadas e limitadas do sistema nervoso geralmente são o resultado de problemas circulatórios. Os neurônios são muito sensíveis à privação de oxigênio e começarão a se deteriorar em 1 ou 2 minutos, podendo resultar em dano permanente (morte celular) em poucas horas. A perda de fluxo sanguíneo para parte do cérebro é conhecida como derrame ou acidente vascular cerebral (AVC).



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Existem dois tipos principais de AVC, dependendo de como o suprimento de sangue está comprometido: isquêmico e hemorrágico. Um derrame isquêmico é a perda de fluxo sanguíneo para uma área porque os vasos estão bloqueados ou estreitados. Isso geralmente é causado por um êmbolo, que pode ser um coágulo sanguíneo ou depósito de gordura. A isquemia também pode ser o resultado do espessamento da parede dos vasos sanguíneos ou de uma queda no volume de sangue no cérebro, conhecida como hipovolemia.

Um tipo relacionado de AVC é conhecido como ataque isquêmico transitório (AIT), que é semelhante a um derrame, embora não dure tanto. A definição diagnóstica de um AVC inclui efeitos que duram pelo menos 24 horas. Quaisquer sintomas de AVC que são resolvidos em um período de 24 horas devido à restauração do fluxo sanguíneo adequado são classificados como um AIT.

Um derrame hemorrágico ocorre no cérebro por causa de um vaso sanguíneo danificado. O sangue acumulado preenche uma região da abóbada craniana e pressiona o tecido cerebral. A pressão física no cérebro pode causar a perda de função, bem como a compressão das artérias locais, resultando no comprometimento do fluxo sanguíneo além do local da hemorragia. À medida que o sangue se acumula no tecido nervoso e a vasculatura é danificada, a barreira hematoencefálica pode quebrar e permitir que fluido adicional se acumule na região, o que é conhecido como edema.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Coberturas de proteção do cérebro e da medula espinhal

A superfície externa do SNC é coberta por uma série de membranas compostas de tecido conjuntivo chamadas meninges, que protegem o cérebro. A dura-máter é uma camada fibrosa espessa e uma forte bainha protetora sobre todo o cérebro e medula espinhal. É ancorada na superfície interna do crânio e cavidade vertebral. A aracnoide é uma membrana de tecido fibroso fino que forma um saco solto ao redor do SNC. Abaixo da aracnoide há uma malha fina e filamentosa chamada de trabéculas aracnóides, que se parece com uma teia de aranha, dando a essa camada seu nome. Diretamente adjacente à superfície do SNC está a pia-máter, uma fina membrana fibrosa que segue as convoluções dos giros e sulcos no córtex cerebral e se encaixa em outras ranhuras e recortes.

Dura-máter

Como uma grossa capa cobrindo o cérebro, a dura-máter é uma camada externa e dura. O nome vem do latim para “mãe durona” para representar seu papel fisicamente protetor. Inclui todo o SNC e os principais vasos sanguíneos que entram no crânio e na cavidade vertebral. Ela está diretamente ligada à superfície interna dos ossos do crânio e ao final da cavidade vertebral.

Existem pregas da dura-máter que se encaixam em grandes fendas do cérebro. Duas pregas passam pelas separações da linha média do cérebro e cerebelo; uma forma uma tenda semelhante a uma prateleira entre os lobos occipitais do cérebro e do cerebelo (Tentório



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

cerebelar), e o outro circunda a glândula hipófise. A dura-máter também envolve e apóia os seios venosos.

Aracnóide

A camada intermediária das meninges é a aracnóide, assim chamada em homenagem às trabéculas semelhantes a uma teia de aranha entre ela e a pia-máter. A aracnóide define um invólucro semelhante a um saco ao redor do SNC. As trabéculas são encontradas no espaço subaracnóideo, que é preenchido com LCR circulante. A aracnóide emerge nos seios durais como as granulações da aracnóide, onde o LCR é filtrado de volta para o sangue para drenagem do sistema nervoso.

O espaço subaracnóideo é preenchido com LCR circulante, que também fornece uma almofada líquida para o cérebro e a medula espinhal. Semelhante ao exame de sangue clínico, uma amostra de LCR pode ser retirada para encontrar evidências químicas de neuropatologia ou traços metabólicos das funções bioquímicas do tecido nervoso.

Pia-Máter

A superfície externa do SNC é coberta pela fina membrana fibrosa da pia-máter. Acredita-se que ele tenha uma camada contínua de células fornecendo uma membrana impermeável a fluidos. O nome pia-máter vem do latim para “mãe terna”, sugerindo que a membrana fina é uma cobertura suave para o cérebro. A pia-máter se estende por todas as convoluções do SNC, revestindo o interior dos sulcos nos córtices cerebelares e cerebrais. No



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

final da medula espinhal, um filamento fino se estende da extremidade inferior do SNC na região lombar superior da coluna vertebral até a extremidade sacral da coluna vertebral. Como a medula espinhal não se estende pela região lombar inferior da coluna vertebral, uma agulha pode ser inserida através da dura-máter e das camadas da aracnóide para retirar o LCR. Esse procedimento é chamado de punção lombar e evita o risco de danificar o tecido central da medula espinhal. Os vasos sanguíneos que nutrem o tecido nervoso central estão entre a pia-máter e o tecido nervoso.

O Sistema Ventricular

O líquido cefalorraquidiano (LCR) circula por todo e ao redor do SNC. Em outros tecidos, a água e pequenas moléculas são filtradas através dos capilares como o principal contribuinte para o fluido intersticial. No cérebro, o LCR é produzido em estruturas especiais para perfundir através do tecido nervoso do SNC e é contínuo com o líquido intersticial. Especificamente, o LCR circula para remover resíduos metabólicos dos fluidos intersticiais dos tecidos nervosos e devolvê-los à corrente sanguínea. Os ventrículos são os espaços abertos dentro do cérebro por onde circula o LCR. Em alguns desses espaços, o LCR é produzido pela filtração do sangue por meio de uma membrana especializada conhecida como plexo coróide. O LCR circula por todos os ventrículos para eventualmente emergir no espaço subaracnóideo, onde será reabsorvido pelo sangue.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Os ventrículos

Existem quatro ventrículos dentro do cérebro, todos desenvolvidos a partir do espaço oco original dentro do tubo neural, o canal central. Os dois primeiros são chamados de ventrículos laterais e estão profundamente no cérebro. Esses ventrículos estão conectados ao terceiro ventrículo por duas aberturas chamadas forames interventriculares. O terceiro ventrículo é o espaço entre os lados esquerdo e direito do diencefalo, que se abre para o aqueduto cerebral que passa pelo mesencefalo. O aqueduto se abre para o quarto ventrículo, que é o espaço entre o cerebelo e a ponte e a medula superior.

Conforme o telencefalo aumenta e cresce na cavidade craniana, ele é limitado pelo espaço dentro do crânio. O telencefalo é a região mais anterior do que era o tubo neural, mas não pode crescer além do limite do osso frontal do crânio. Como o cérebro se encaixa nesse espaço, ele assume uma formação em forma de C, passando pelas regiões frontal, parietal, occipital e, finalmente, temporal. O espaço dentro do telencefalo é esticado na mesma forma de C. Os dois ventrículos estão nos lados esquerdo e direito e já foram chamados de primeiro e segundo ventrículos. Os forames interventriculares conectam a região frontal dos ventrículos laterais com o terceiro ventrículo.

O terceiro ventrículo é o espaço delimitado pelas paredes mediais do hipotálamo e do tálamo. Os dois tálamos se tocam no centro da maioria dos cérebros como massa intermediária, que é cercada pelo terceiro ventrículo. O aqueduto cerebral se abre na parte inferior do epitélamo e passa pelo mesencefalo. O tectum e o tegmentum do mesencefalo são o teto e o piso do aqueduto cerebral, respectivamente. O aqueduto se abre para o



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

quarto ventrículo. O assoalho do quarto ventrículo é a superfície dorsal da ponte e da medula superior (aquela massa cinzenta que faz uma continuação do tegmento do mesencéfalo). O quarto ventrículo então se estreita no canal central da medula espinhal.

O sistema ventricular se abre para o espaço subaracnóideo do quarto ventrículo. A única abertura mediana e o par de aberturas laterais conectam-se ao espaço subaracnóideo para que o LCR possa fluir através dos ventrículos e ao redor do SNC. O líquido cefalorraquidiano é produzido dentro dos ventrículos por um tipo de membrana especializada chamada plexo coróide. As células endoteliais (um dos tipos de células gliais descritas na introdução ao sistema nervoso) circundam os capilares sanguíneos e filtram o sangue para produzir LCR. O fluido é uma solução límpida com uma quantidade limitada dos constituintes do sangue. É essencialmente água, pequenas moléculas e eletrólitos. O oxigênio e o dióxido de carbono são dissolvidos no LCR, assim como no sangue, e podem se difundir entre o fluido e o tecido nervoso.

Circulação do líquido cefalorraquidiano

Os plexos coróides são encontrados em todos os quatro ventrículos. Observados na dissecação, eles aparecem como estruturas macias e difusas que ainda podem ser rosadas, dependendo de quão bem o sistema circulatório é limpo na preparação do tecido. O LCR é produzido a partir de componentes extraídos do sangue, de modo que seu fluxo para fora dos ventrículos está vinculado ao pulso da circulação cardiovascular.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

Dos ventrículos laterais, o LCR flui para o terceiro ventrículo, onde mais LCR é produzido, e então através do aqueduto cerebral para o quarto ventrículo, onde ainda mais LCR é produzido. Uma quantidade muito pequena de LCR é filtrada em qualquer um dos plexos, em um total de cerca de 500 mililitros diários, mas é feita continuamente e pulsa através do sistema ventricular, mantendo o fluido em movimento. A partir do quarto ventrículo, o LCR pode continuar descendo pelo canal central da medula espinhal, mas este é essencialmente um fundo de saco, então mais líquido deixa o sistema ventricular e se move para o espaço subaracnóideo através das aberturas mediana e lateral.

No espaço subaracnóideo, o LCR flui ao redor de todo o SNC, fornecendo duas funções importantes. Como em outras partes de sua circulação, o LCR coleta resíduos metabólicos do tecido nervoso e os remove do SNC. Ele também atua como uma almofada líquida para o cérebro e a medula espinhal. Ao envolver todo o sistema no espaço subaracnóide, ele fornece uma fina proteção ao redor dos órgãos dentro da dura-máter forte e protetora. As granulações aracnóides são bolsas da membrana aracnóide para os seios durais, de modo que o LCR pode ser reabsorvido para o sangue, junto com os resíduos metabólicos. Dos seios durais, o sangue drena da cabeça e do pescoço pelas veias jugulares, junto com o resto da circulação para que o sangue seja reoxigenado pelos pulmões e os resíduos sejam filtrados pelos rins.



Campus São Mateus
UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO