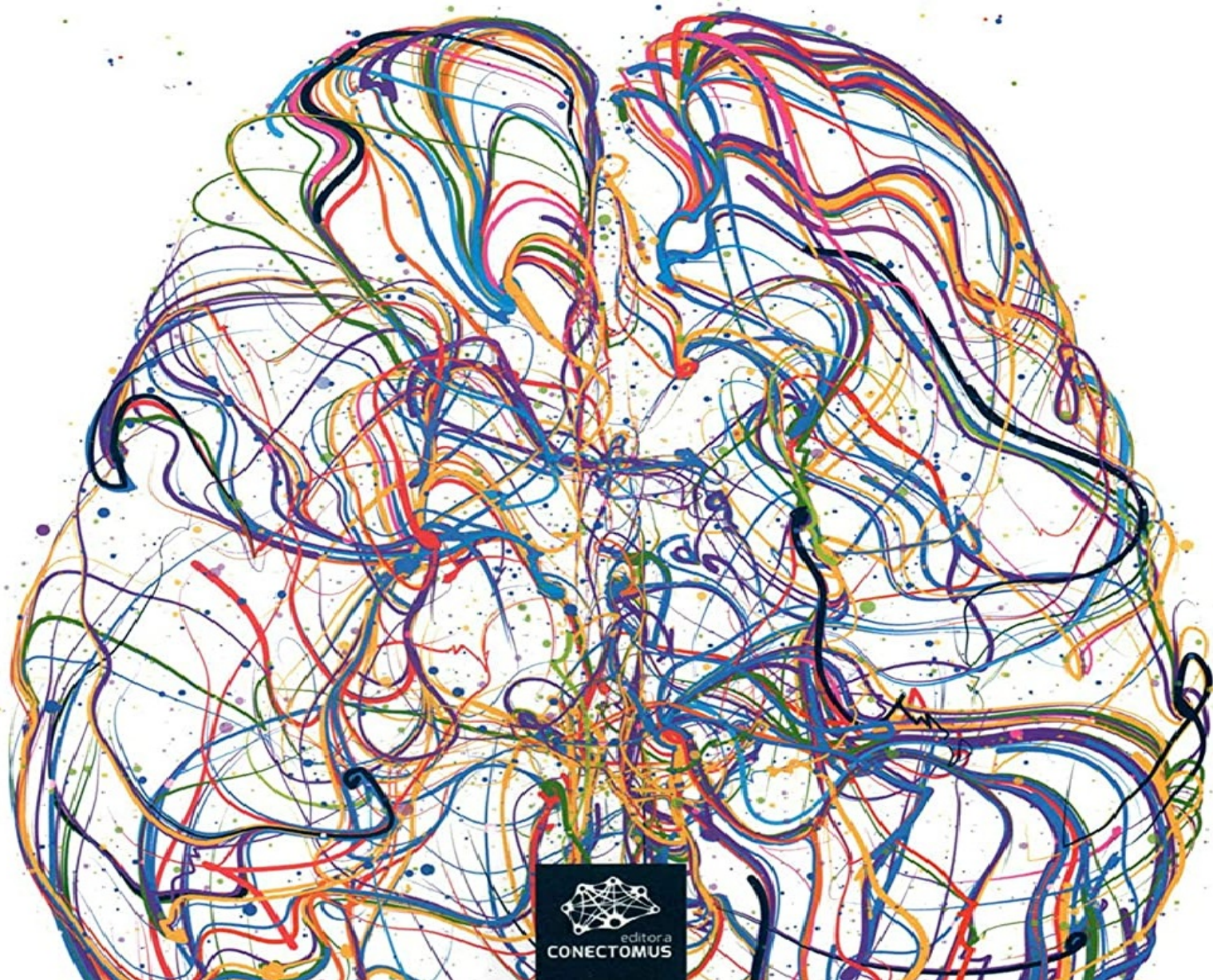


CARLA TIEPPO

UMA VIAGEM PELO
CÉREBRO
A VIA RÁPIDA PARA ENTENDER
NEUROCIÊNCIA



Uma viagem ao cérebro: por que essa jornada vale a pena?

Bem-vindo a bordo de uma extraordinária viagem pelo cérebro humano. Essa pequena massa esbranquiçada de menos de um quilo e meio dentro da cabeça, e que, á primeira vista, pode parecer mole, estranha e insignificante, é, de fato, o dispositivo mais complexo, poderoso e surpreendente de todo o universo.

O cérebro controla todos os aspectos da vida humana. De acordo com pesquisas e estudos recentes, fica cada vez mais evidente que tudo o que vemos, ouvimos, cheiramos, digerimos, falamos, sentimos e pensamos depende da atuação do cérebro. Inclusive como agimos e nos comportamos, nossas crenças, memórias e desejos, nossa motivação e até nossa própria identidade.

Pensar sobre o cérebro e suas potencialidades é uma grande viagem. Fica até difícil acreditar que essa massa mole e esquisita, que cabe na palma das mãos, é capaz de coisas tão incríveis e surpreendentes. Os seres humanos escrevem sua própria história, imaginam coisas mirabolantes, fazem arte e complexos cálculos matemáticos, são capazes de ler gestos e expressões e reconhecer o que o outro está sentindo, têm um incrível detector de faces que possibilita interagir mais fácil, criam tecnologias fantásticas para melhor se adaptarem ao ambiente, mandam pessoas pro espaço ou pras profundezas do mar, modificam genes, quebram átomos, reconstroem partes do corpo. Somos capazes do inimaginável.

Tudo graças ao cérebro

O cérebro é um complexo sistema de processamento de informações, cujos

“programadores” trabalharam pelo menos 300 milhões de anos na construção de seus códigos, durante a evolução da humanidade.

Por isso, é tão importante essa viagem. Nessa visita ao cérebro, incluímos o roteiro completo: com direito a conhecer todas as áreas do sistema nervoso, suas funções, especificidades, relações e como cada uma delas interfere na nossa vida. Portanto, além de embarcar na neurociência e conhecer o funcionamento do cérebro e do sistema nervoso, essa também é uma viagem para dentro de si mesmo.. Isso porque, tudo o que você é surge a partir da sua coleção de cerca 86

bilhões de neurônios, que fazem cada um cerca de mil a 10 mil transmissões sinápticas por segundo e proporcionam uma possibilidade de combinações sem

igual, e o tornam quem você é.

Por isso, essa viagem tem bilhete só de ida: ninguém volta o mesmo desse trajeto! Ela pode ser o mapa para você saber mais sobre o funcionamento do cérebro e explorar ao máximo o seu potencial.

E ainda tem mais: nessa jornada, você também vai passar por “mares nunca dantes navegados” e descobrir alguns mitos sobre o cérebro, como, por exemplo, o de que só usamos 10% dele, o de que o cérebro de alguns é naturalmente mais auditivo ou mais visual, o de que é difícil aprender na vida adulta ou o de que o lado direito está ligado à criatividade enquanto o esquerdo à lógica... Mito. Você também conseguirá responder a questões como: Por que muitas vezes agimos sem pensar ou em desacordo com o que gostaríamos? É possível controlar as próprias emoções? Como os neurônios se comunicam? Que funções do nosso cérebro nos diferenciam dos outros animais?

Enfim, se quer tomar a via rápida para aprender sobre neurociência, embarque agora

mesmo

nessa

jornada

emocionante,

científica

e

cheia

de

autoconhecimento.

Pronto pra submergir?

Capítulo 1

O ponto de partida: a descoberta do cérebro e a escalada da neurociência.

Hoje, quando nos deparamos com o cérebro, sabemos o quanto ele é absurdamente potente. Já é certa e sabida a existência de uma complexa e intrincada rede de bilhões de neurônios, que não se restringe à nossa cabeça, mas se espalha por todo o corpo formando o sistema nervoso. Sabemos que os neurônios estão em constante comunicação e são atrelados a uma vigorosa trama de suporte, as chamadas células gliais, que veremos mais adiante. Também já temos conhecimento de que essa rede fantástica e pulsante de neurônios é responsável por tudo que sentimos no mundo exterior e interior, pelo que pensamos e ainda por como nos comportamos e agimos, fazendo nosso coração bater, nossos olhos piscarem, nossos braços se moverem, organizando pensamentos, provocando emoções, possibilitando registrar e evocar memórias, produzindo dor, raiva, medo, amor... Enfim, sabemos hoje o quão incrível o cérebro é.

Mas nem sempre o cérebro foi visto dessa maneira Pelo contrário. Houve um longo e tortuoso caminho para chegarmos até aqui, Essa visão, aliás, é bem recente. E também ainda provisória. Imagine que estamos no meio de uma escalada, avançamos muito no entendimento do cérebro e estamos em um ponto da montanha que considerávamos completamente inacessível há apenas algumas décadas. Conseguimos entender com clareza muitos dos processos que antes eram completamente ignorados e temos uma visão bem melhor daqui desse patamar sobre a neurociência, No entanto, ainda há muito a escalar, tantos mistérios a serem respondidos, estamos longe do topo da montanha, mas em uma rápida e instigante evolução.

O cérebro fora do roteiro

No começo, antes de se iniciar a jornada da neurociência, o cérebro era um nada.

No Egito Antigo, por exemplo, ele praticamente não existia. É claro que, de fato, biologicamente, ele já estava lá desempenhando suas maravilhosas funções,

mas ninguém sabia da sua existência. A sede do saber e da inteligência era considerada o coração, tanto que, após a morte, era mantido intacto no corpo do morto durante a mumificação para que fosse preservado e carregado para outra vida. Já o cérebro, visto como inútil, era descartado. Tal era o desprezo por aquela massa disforme de consistência estranha, que ela era simplesmente

jogada fora.

Na mumificação, os egípcios retiravam o cérebro com um gancho pelo nariz ou o dissolviam internamente utilizando instrumentos, injetando água e substâncias para provocar a liquefação do mesmo e facilitar a remoção. Com cérebro e vísceras retirados, haveria melhor preservação do corpo, o qual os egípcios acreditavam que deveria ser levado para a outra vida. Entre uma vida e outra, o morto passaria pelo tribunal de Anúbis, onde colocaria seu coração num dos pratos de uma balança e uma pena no outro. Se o coração pesasse mais do que a pena por estar cheio de culpa, o morto serviria de comida para o Devorador, se fosse mais leve, seguiria para a outra vida.



Representação de Anúbis, deus egípcio, com coração e pena.

Mas também não é de se surpreender que o cérebro não tivesse nenhum glamour nessa época, que fosse um nada, não dá pra falar sobre essa ideia do cérebro ser descartado sem levar em consideração que, nesse momento, não havia geladeira ou formol para impedir sua decomposição. Desta forma, rapidamente o cérebro passa a ter a textura de uma pasta, creme ou geleia, uma consistência estranha e sem forma definida, tornando realmente difícil imaginar que aquela gosma disforme poderia exercer a função da mente e controlar o corpo. Mais complicado ainda, cogitar que aquela maçaroca poderia ter algum papel de comando na vontade humana. Naquela época, acreditava-se que as

emoções, os desejos e o próprio arbítrio dos homens estavam muito mais

relacionados ao pulsante coração que ao melequento cérebro.

Coração versus cérebro na escalada da mente

Na Grécia Antiga, até o século V a.C., a ideia era de que a mente humana estava dividida em diferentes partes do corpo, como revela a tradição oral preservada pelos poemas de Homero. Mas depois do século V a.C., no entanto, o pensamento grego se dividiu em duas correntes, que percorreram caminhos distintos na escalada para desvendara mente humana. Uma que colocou a mente no coração e a outra que a alocou no cérebro. E aí sim temos o ponto de partida para a neurociência, que obvia mente ainda não tinha esse nome, A primeira corrente acreditava que a mente estava localizada no coração e que o cérebro era somente um órgão responsável pelo resfriamento do sangue.

Basicamente um refrigerador, O cérebro, portanto, tinha um papel pra lá de coadjuvante nessa história, bem longe de ter o papel principal e ser visto como algo real mente importante no funcionamento do corpo humano. O maior defensor dessa linha dos chamados cardiocentristas, que colocavam o coração como o centro das mais elevadas funções humanas, foi Aristóteles, o filósofo do empirismo.

Aristóteles era adepto da investigação, da mão na massa, era bastante pragmático e queria ver o processo acontecer para então poder explicar os fatos, Era um observador da natureza. E, embora essa seja uma característica que poderia tê-lo feito avançar muito em termos científicos, e realmente o fez em outras circunstâncias, nesse caso, foi exatamente a sua armadilha. A observação o fez pensar que o coração era o órgão responsável por abrigar a mente, especialmente porque tudo que sentimos parece se refletir no coração. O medo ou a euforia o dispara, ele bate mais rápido quando movimentamos muito o corpo, a angústia causa um aperto no peito. Por isso, o filósofo grego acreditava que os processos mentais e a inteligência fossem alocados no coração.

Hoje, depois de toda a evolução científica, fica fácil saber que o coração é pau mandado do cérebro, que os neurônios que chegam a ele são com informação só de ida, mandando: "Acelera!" ou "Diminui!". O coração efetivamente nem pode mandar informações de volta para o cérebro como acontece em outras regiões do corpo e, portanto, não teria como comandá-lo. De jeito algum, É certo que o coração pode boicotar o cérebro caso pare de bater e o faça deixar de funcionar, mas isso ainda está bem longe de significar controlar o ser humano.

Agora, sabemos que sentimos as coisas "acontecerem" perto do coração - no

peito ou na barriga - basicamente por conta das nossas vísceras, que são instrumentos reacionais do nosso corpo. Quando sentimos medo ou raiva, por exemplo, o coração acelera, temos a sensação de frio na barriga, aumenta-se a frequência da respiração. Mas, naquela época, não se tinha essa ideia, o conhecimento se baseava especialmente nos quatro elementos água, ar, fogo e terra - e toda matéria que não se manifestava através desses quatro elementos não era digna de crédito. Então, com a identificação do coração como uma bomba hidráulica, ele ganhou status. Era fácil ver o sangue saindo do coração e se dirigindo para todo o corpo, portanto, a mente devia estar ali: o mais valioso órgão do corpo humano.

Além disso, segundo a teoria de Aristóteles, cada matéria tem uma forma própria que apresenta estreito vínculo com sua função ou essência de ser. E a forma do cérebro não combinava com a alma ou a mente. Por meio da dissecação de inúmeros animais - não do homem, pois naquela época havia a crença de que dissecar humanos interferiria no processo de continuidade da alma

- Aristóteles viu como o coração tinha um papel central no corpo e constatou que era o primeiro órgão a se formar num embrião. Então, distinguiu as plantas dos animais de sangue frio e dos de sangue quente, criando uma hierarquia dos seres vivos cujo topo seria o homem, sendo que sua mente moraria em seu coração grande e quente. Para ele, nosso cérebro maior do que o de vários outros animais seria só o reflexo da necessidade do corpo de mais refrigeração, já que nossos grandes corações produziram muito calor.

Empedocles, filósofo grego, tinha uma visão parecida, definiu a alma como algo que pensa, sente prazer, dor e confere ao corpo calor. Segundo ele, a alma reside no sangue em volta do coração e ela abandona o corpo na morte, procurando morada em outro ser, como um animal ou um arbusto.

Já a segunda corrente associa a mente ao cérebro, por isso são chamados de encefalocentristas. Provavelmente, o primeiro a fazer essa associação entre o cérebro e as funções psíquicas (psique) foi Alcmeão de Crotona, um médico, discípulo de Pitágoras, e que figura entre os considerados filósofos pré-

socráticos. Ele foi o primeiro a tirar a mente do coração e passá-la para o cérebro, afirmando que os sentidos estavam ligados a ele. Mas, vá com calma,

embora ele tenha deslocado a mente para o cérebro, ainda não era capaz de enxergar a potência do cérebro. Alcmeão e seus seguidores não sabiam da existência de nervos, já que os gregos temiam abrir cadáveres pensando que a alma dos mortos dissecados não encontraria descanso. Como outros gregos, acreditava que em nosso corpo havia cariais recheados de espírito (pneuma). A cada inspiração de ar, tais espíritos penetrariam no nariz, passariam pelo cérebro e chegariam ao corpo,

O grande nome dessa segunda corrente - os encefalocentristas - foi Hipócrates de Cós. Ele afirmava não apenas que a mente se localizava no cérebro, mas também fez as primeiras observações sobre a lateralização cerebral, o que seria uma grande conquista na escalada do cérebro. Mas essa descoberta foi tão revolucionária que acabou não sendo absorvida na época. Tal proposta sobre o funcionamento cerebral foi completamente deixada de lado e só retomada mais de 2 mil anos depois, no século XIX. Porém Hipócrates fez também outros grandes avanços, não é à toa ser considerado o pai da medicina. Foi ele quem abandonou o uso da magia para explicar as doenças e revolucionou as ciências médicas. Até essa época, a ideia da doença estava diretamente relacionada a um castigo dos deuses, um desequilíbrio da relação do homem com as divindades e, portanto, completamente fora do controle humano. A própria mitologia grega expressa essa ideia. Por exemplo, se pensarmos sobre o mito de Prometeu, que roubou o fogo de Héstia, deu aos homens e depois foi punido por Zeus, o pai dos deuses. O temor de Zeus era de que os mortais ficassem tão poderosos quanto os deuses recebendo o fogo. Sua punição foi deixar Prometeu amarrado a uma rocha por toda a eternidade enquanto uma grande águia comia um pedaço do seu fígado todos os dias, e este se regenerava, por toda a eternidade. "Comer um pedaço do fígado todos os dias" significa, basicamente, uma hepatite. E, assim, várias doenças foram catalogadas na Antiga Grécia como castigos dos deuses.

Hipócrates rompe com essa visão e se torna o primeiro a usar recursos naturais como forma de melhorar a saúde. Foi pioneiro em aplicar a medicina fazendo tratamento com banhos, plantas, chás, infusões e em fazer com que ela começasse a ter um trato humanístico. Por conta disso, é considerado o pai da humanização da medicina, por colocar o foco no homem e na sua relação com o ambiente. Os gregos acreditavam que o corpo consistia em uma combinação de quatro elementos conhecidos como humores, cada um deles com seu fluido específico: a bile amarela, a bile negra, o sangue e a fleuma. E, para Hipócrates, a boa saúde vinha do equilíbrio desses humores.

Além de Hipócrates, outro a ser influenciado pelas ideias de Alcmeão foi o filósofo idealista Platão, que situou no cérebro as sensações, as percepções e os pensamentos. No entanto, entre os cardiocentristas e os encefalocentristas, a princípio, quem venceu a queda de braço foram os primeiros. A escola de Aristóteles, que via o coração como sede da mente - e que inclusive era discípulo de Platão, mas discordava dele - acabou ganhando as graças da escola de Alexandria, no Egito, que foi o berço do conhecimento científico, e influenciou a maior parte dos estudos seguintes. Ponto pro coração.

A descoberta (e a encoberta) do sistema nervoso Alguns anos após a morte de Aristóteles, surgem Herófilo de Calcedônia e Erasístrato de Chio, considerados respectivamente o pai da anatomia e o pai da fisiologia. Juntos dissecam centenas de cadáveres humanos, superando o tabu sobre a continuidade da alma, e descrevem pormenorizadamente várias partes do corpo humano e do cérebro proporcionando um enorme avanço científico.

Mas a revelação mais sensacional dessa dupla foi a descoberta do sistema nervoso, até então ignorado. Eles perceberam fibras que saíam do crânio e da espinha e se espalhavam por todo o corpo. E, então, distinguiram nervos de vasos sanguíneos, diferenciaram nervos motores dos sensitivos e revelaram os ventrículos, "buracos" no cérebro, que para eles parecia o local certo para receber o fluxo dos espíritos e abrigar o intelecto humano. Acreditavam que, a partir dos ventrículos, os espíritos fluíam para os nervos, que seriam ocos, e em seguida para os músculos, inchando-os e fazendo-os mover o corpo. A percepção de um sistema que integrava todo o corpo foi um avanço e tanto para a neurociência. Ainda que essa visão do ar ou espíritos como motor do sistema fosse um tanto equivocada, passaram a pensar o corpo como um sistema complexo e integrado.

No entanto, o nascimento de Jesus Cristo e a disseminação do Cristianismo foi um banho de água fria para a neurociência: houve a proibição da abertura do corpo humano e da dissecação de cadáveres. Foi como encobrir novamente o sistema nervoso. Abrir o corpo humano passa a ser inconcebível, considerado um sacrilégio, afinal, qual seria a função de investigar a obra perfeita de Deus?

Para os cristãos, nenhuma. E tal proibição foi como cortar as cordas na escalada da neurociência, como tirá-la dos trilhos, retrocedendo do avanço e provocando imensa estagnação ao seu desenvolvimento.

Os árabes e judeus continuaram a fazer investigação de corpos, especialmente no Oriente Médio, porque não sofreram tal influência cristã. E também no Oriente houve avanços por outra abordagem, sob a perspectiva energética, que é a base da Medicina Oriental, dando origem a acupuntura, shiatsu, do-in, mas que não têm vínculo direto com a neurociência.

Somente 400 anos depois de Herófilo e Erasístrato é que surge um médico chamado Galeno de Pérgamo, que viaja da Turquia até a Alexandria procurando ensinamentos dos dois. Mas, mesmo assim, ao contrário de seus inspiradores.

Galeno não dissecava cadáveres humanos, pois em Roma isso também não era permitido, dissecava apenas animais. Foi até um bom anatomista, pois como médico de gladiadores observava através das fendas de ferimentos de luta o

funcionamento dos órgãos, mas fazia uma mistura das ideias de Platão, Aristóteles com os ensinamentos de Hipócrates, Herófilo e Erasístrato para criar sua teoria, a doutrina ventricular, que defendia a localização das funções mentais nos ventrículos cerebrais.

Galeno prendia-se aos humores, os elementos em ação ligados a bile negra, bile amarela, fleuma e sangue. Segundo ele, havia uma alma vegetativa do fígado, que controlava prazer e desejos: uma alma vital do coração, responsável pelas paixões e coragem: e uma alma racional da cabeça, sendo que a inteligência se encontrava nos espaços vazios desta. Para Galeno, espíritos animais passavam pelos ventrículos cerebrais e, quando se desequilibravam os fluxos, era preciso fazer purgações e sangrias para levar os humores de volta a seus lugares. Trabalhava com respiração, com banhos, sangria e influenciou fortemente a medicina no início da era cristã, tendo apoio da Igreja e do clero que relacionavam as três almas à santíssima trindade.

A medicina galênica durou por cerca de mil anos, afastando a medicina da questão do corpo, e até mais que isso, colaborando para a visão do mesmo como algo sujo, pecaminoso, que não é digno de atenção e que seria muito menos importante do que a alma, o espírito. Passou-se a ter uma visão deturpada da matéria, como algo ruim e qualquer um que resolvesse estudá-la seria mal visto.

Os materialistas - estudiosos da matéria, do corpo - eram os não-religiosos, os descrentes, os degenerados. Nesse sentido, o pensamento biológico e médico é praticamente extinto na Idade Média.

De fato, toda a ciência sofre um grande abalo com uma supervalorização da religião, da fé, dos dogmas, da vontade divina, em detrimento da pesquisa científica, do empirismo e da razão. A teoria galênica foi por muito tempo um obstáculo ao avanço intelectual e contribuiu inclusive para uma degradação da condição física do homem, uma debilitação geral das condições de saúde, haja vista as pestes e o alastramento de doenças na Idade Média.

Somente em 1537 é que Galeno vai começar a ser questionado e o corpo volta a ganhar a atenção. Mas ainda longe dos holofotes. Um jovem anatomista chamado André Vesálio começa a perceber que o trabalho de Galeno era suspeito, apresentava erros e, ao estudar mais a fundo, descobre cerca de 200

elementos na anatomia de seu esquema de ser humano que na verdade pertenciam a animais, como porco, cachorro e vaca. Depois disso, Vesálio refez por completo o trabalho de Galeno, dissecando cadáveres humanos e publicando um atlas da anatomia chamado *De Humani Corporis Fabrica Libri Septem*, que é um marco da neuro anatomia, com ilustrações estruturais rigorosas e precisas, descrevendo áreas que nunca haviam sido descritas, Vesálio se torna, então, um

médico famoso na Europa. Era o corpo revelado!

Mas seu modelo, mesmo contribuindo muito para o avanço da ciência, ainda tinha algumas falhas, pois ele não retirava o cérebro inteiro do crânio, mas o fazia fatiando-o. De qualquer forma, houve uma grande elevação no patamar neurocientífico. No entanto, mesmo com suas imensas contribuições, as ideias da teoria de Galeno ainda persistiram e foram amplamente utilizadas até cerca de 1600 ou mais. Só bem aos poucos os desenhos de Vesálio foram sendo copiados e disseminados em universidades, o que difundiu tal conhecimento em várias localidades, dando força ao movimento de entender o corpo.

Novo mapa do universo e do corpo

Durante a Idade Média, apesar de uma desaceleração das ciências, houve grande desenvolvimento da astronomia. Essa ciência era até incentivada pela Igreja, como forma de buscar Deus, observando as estrelas. E, então, no início da Idade Moderna, Nicolau Copérnico (1473-1543) transformou a visão de mundo do seu tempo, mudando a anatomia do universo ao criar o sistema heliocêntrico em substituição ao geocêntrico, ou seja, ao revelar que o centro do sistema não era a Terra e sim o sol, contestando o que sugeria o astrônomo grego Ptolomeu.

Além disso, em 1610, Galileu Galilei, ao aperfeiçoar o telescópio de refração (o *perspicillum*), muito mais poderoso do que qualquer outro da época, suscitou a seguinte reflexão: se há estrelas que não podem ser vistas a olho nu, deve haver muitas outras coisas que, apesar de existirem, não podemos enxergar. Também nos deu a noção da pequenez do ser humano em relação ao universo grandioso, reforçando a ideia de que somos só indivíduos minúsculos dentro de um pequeno planeta do enorme universo. Essa proposição, provocada por essa nova tecnologia, foi revolucionária e mudou a maneira de pensar da época, abrindo caminhos para novos conceitos sobre o cérebro e a alma, assim como despertando para o fato de que o cérebro pode ser responsável pelo controle do comportamento humano. Essa era uma grande transformação na história do cérebro! Além disso, houve ainda o surgimento do microscópio que possibilitou ver coisas que nossos olhos não são capazes por si só e ampliar nosso conhecimento sobre os seres vivos. Ideias que provocaram uma grande revolução.

Apesar das transformações começarem a acontecer, a grande maioria ainda não enxergava potencial algum no cérebro. De acordo com Carl Zimmer, o filósofo inglês Henry More chegou a declarar por volta de 1660 que esse miolo ou tutano lasso na cabeça de um homem não demonstra mais capacidade de

pensar do que uma barra de sebo ou um pote de coalhada.

No Renascimento, período de transição entre o feudalismo e o capitalismo, há uma intensa retomada das referências da Antiguidade Clássica com o movimento Naturalista, norteador uma progressiva diminuição da influência do dogmatismo religioso sobre a cultura e a sociedade combinada a uma crescente valorização da racionalidade, da ciência e da natureza. Neste processo de voltar a valorizar o ser humano, o estudo do corpo "ganha corpo". Pega carona com as artes e tem grande evolução. Muitos dos artistas, como Leonardo Da Vinci e Michelangelo dissecavam corpos com a justificativa de estudar a anatomia humana para melhor elaborar suas obras especialmente pinturas e esculturas envolvendo o corpo. O Homem Vitruviano de Da Vinci, por exemplo, é um detalhado esquema do corpo humano vinculado a um estudo matemático de proporções para que ele pudesse reproduzir em suas pinturas, esculturas e que também influenciaria seus protótipos e maquinários posteriormente.

Especula-se ainda que alguns dos mestres do Renascimento esconderam em suas obras imagens anatômicas do cérebro, dentre esses artistas estão Michelangelo

Buonarotti e sua A Criação de Deus, aportada no teto da capela Sistina, ou Gerard David, com a sua Transfiguração de Cristo, que se assemelha a uma secção coronal do cérebro. Nesse período da trajetória da ciência, já se sabia muito sobre sistema circulatório, coração, vasos sanguíneos, artérias, intestinos, músculos... Mas a neuro anatomia ainda andava a passos lentos.



Afrescos renascentistas de Michelangelo, Capela Sistina, Palácio do Vaticano **A encruzilhada mente e cérebro**

Finalmente, no século XVII. o caldo da neurociência começou a engrossar, quando o famoso filósofo René Descartes, que Inaugurou o pensamento científico com O Método, desenvolveu sua teoria dualista sobre o homem e criou a desculpa necessária para que se estudasse o corpo sem comprometer a alma. O

objetivo de Descartes era investigar o corpo e como se dava o seu funcionamento e, para isso, começou por estudar movimentos reflexos. Mas a Igreja não gostou nada dessa ideia de que alguma reação humana poderia ser reflexa, não fundamentada por pensamentos ou que o comportamento pudesse

ser automático. Blasfêmia!

Então, para poder estudar o corpo sem restrições da Igreja, ele desenvolve uma teoria de que corpo e mente são separados, constituem-se de duas substâncias diferentes - a *res cogitans* (mente) e a *res extensa* (corpo). Era uma saída para estudar o corpo sem correr o risco de ir para fogueira. Er assim, consegue o aval para estudar o corpo humano, gera precedentes e cria uma tendência muito forte de investigação científica, que influencia muitos pesquisadores e promove avanço das ciências. A separação entre corpo e mente marcaria pro fundam ente a cultura ocidental, de forma que permanece até hoje.

Por outro lado, também se posicionam os materialistas, ou monistas, que acreditavam que corpo e mente eram uma mesma substancia, ou seja, a mesmíssima coisa, E formulavam suas teorias considerando o cérebro como substância única responsável pela expressividade da mente humana.

Ainda no XVII e também no XVIII, os cientistas passaram a dar importância à substância cerebral e começam observar que o tecido do cérebro era dividido em substância branca e cinzenta, sendo que a branca tinha continuidade com os nervos do corpo, levando e trazendo informações para a substância cinzenta. No início do século XVIII, Luigi Galvani e Bois-Reymond demonstraram que os músculos se movimentavam quando os nervos eram estimulados eletricamente e também que o encéfalo podia gerar eletricidade, derrubando a teoria de que o cérebro humano funcionava graças a fluidos, ou sopros, ou espíritos. O tempo da cabeça de vento ou de “refrigerador fica pra trás.

No final do século XVIII o sistema nervoso já havia sido completamente dissecado. Percebeu-se que todos os indivíduos tinham o mesmo padrão de giros e sulcos que são as protuberâncias e reentrâncias do cérebro e que o cérebro podia ser dividido em lobos (partes) e mapeado. Assim, inicia-se a longa jornada

da discussão da localização das funções cerebrais em áreas específicas do cérebro.

Onde é que fica o quê?

Em se tratando de teorias localizacionistas - que procuram descobrir onde fica localizada cada função do cérebro - Franz Gall (1758-1828) é aquele que melhor representa essa corrente, pelo seu pioneirismo. E vale ressaltá-lo também como um grande “tropeço” da neurociência. O anatomista austríaco criou a crânios co

pia, mente denominada frenologia. Ele foi pioneiro no estudo da localização das funções mentais nas regiões do cérebro - o que seria uma enorme contribuição.

Seria. não fosse pelo fato de que ele desenvolveu um método completa mente equivocado para adivinhar a personalidade e o desenvolvimento de faculdades mentais, e até morais, de uma pessoa de acordo com o formato de seu crânio, apalpando-o, E também pelo detalhe nada insignificante de que as funções que ele apontava para determinadas áreas cerebrais nada tinham a ver com suas verdadeiras funções descobertas mais tarde. Um significativo tropeço neurocientífico.

A frenologia baseava-se na ideia de que as faculdades mentais e também os comportamentos (como coragem, autoestima, benevolência..) estariam localizados em órgãos cerebrais na superfície do crânio e poderiam ser detectados pela inspeção visual e tátil do mesmo, analisando as proeminências no cérebro que resultariam do maior desenvolvimento de cada comportamento do indivíduo. Por exemplo, um indivíduo muito bom, terra um calombo na área da benevolência, pois seu cérebro se desenvolveria mais nessa parte, Apesar de logo ser tido como charlatão e contar com o descrédito da comunidade científica, Gall ganhou dinheiro com suas aferições cerebrais e teve uma carreira promissora apalpando a cabeça das pessoas.

Ainda na linha localizacionista, mas estes sim avançaram verdadeira mente nessa área, destacam-se estudos de Paul Broca e Karl Wernicke, Broca, em 1861, relatou o caso de um paciente que tinha lesão na região da parede posterior do lobo frontal, que não apresentava problema motor em sua língua, boca, nem cordas vocais, mas era incapaz de falar frases completas ou de expressar seu pensamento por escrito (afasia motora). Partindo disso, Broca apontou que a função da linguagem estaria localizada nesta região específica. Pouco mais tarde, Wernicke descreveu lesões da parte posterior do lobo temporal em que os pacientes tinham capacidade de falar, mas não de compreender o que falavam (afasia sensorial), o que o levou a determinar que a área motora da fala estaria na

região apontada por Broca - que inclusive leva seu nome - enquanto a interpretação estaria na área descrita por ele mesmo, denominada área de Wernicke, Um avanço e tanto para compreender a linguagem!

A mente ganha espaço

No final do século XIX, Willtan James (1842-1910), que é considerado o pai da psicologia, escreve os Princípios da Psicologia, onde fala sobre fluxos da consciência, vontade e desenvolve uma teoria sobre as emoções, misturando em sua obra fisiologia, psicologia e filosofia. Sua psicologia era muito relacionada à fisiologia, era um funcionalista e materialista, que queria explicar o fenômeno mental a partir do corpo. As primeiras Unhas da psicologia seguem uma linha materialista, como Wilhelm Wundt (1832-1920), considerado um dos fundadores da psicologia experimental, que publicou o livro Princípios de Psicologia Fisiológica, em 1873, com o intuito de demarcar um novo domínio da ciência, Essa linha materialista de James e Wundt na psicologia vai dar origem mais tarde ao behaviourismo e à psicologia comporta mental.

Por outro lado, temos o surgimento das ideias de Sigmund Freud (1886-1939), da psicanálise. Com Freud a separação entre corpo e mente se aprofunda de maneira brutal. A psicanálise é, em essência, mentalista, ela considera o funcionamento da mente independente do cérebro. Isso não significa que Freud não respeitasse o cérebro, ele era um neurologista, mas sabia que as pesquisas sobre o cérebro eram muito mais lentas do que a velocidade em que se descobria a psicodinâmica, os processos mentais, a forma como a mente se constitui no desenvolvimento e, por isso, partiu por esse caminho. O estudo da psicanálise é teórico, não empírico. Isso não quer dizer que não traga contribuições significativas, mas que é preciso encará-la como tal e testar empiricamente suas teorias para que sejam comprovadas ou refutadas pela neurociência do século XXI.

Neurônio à vista

Outro grande salto da neurociência se deu com o italiano Camilo Golgi (1843-1926). O histologista desenvolveu uma técnica de tingimento de tecidos nervosos com nitrato de prata que possibilitou identificar as células nervosas, ver os neurônios individualmente, e provocou uma revolução no estudo desses tecidos, com grande avanço na estrutura e anatomia microscópica do cérebro.

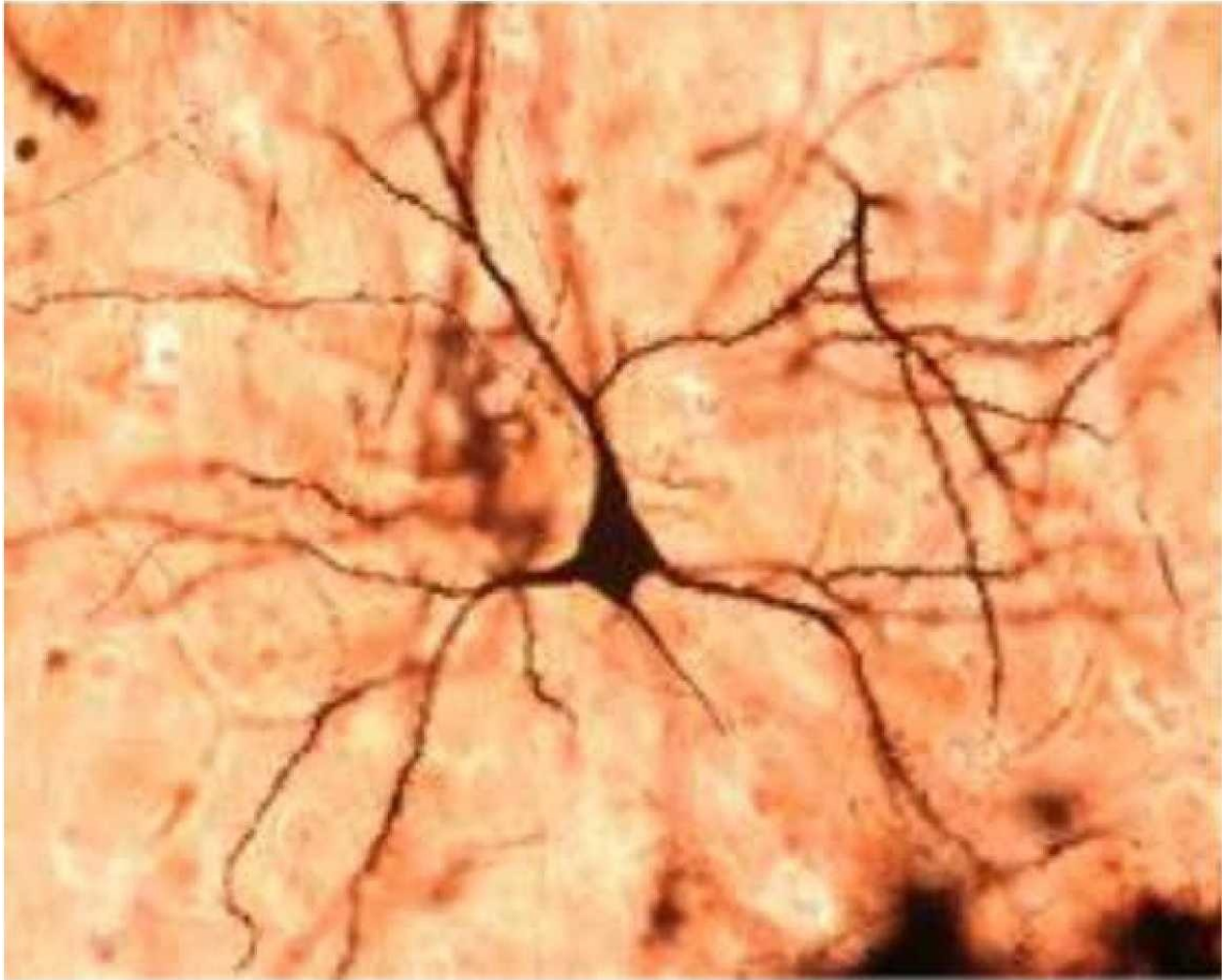


Imagem de neurônio piramidal feita com técnica de Golgi

Até então, e olha que já estávamos no final do século XIX, não sabíamos do que exatamente era feito o cérebro, Conhecíamos bem toda a estrutura celular do corpo humano, anatomia e fisiologia de todos os órgãos, mas não tínhamos visto uma única célula do sistema nervoso, o neurônio, Isso porque o neurônio não se tingia com as técnicas de histologia clássicas que eram utilizadas para analisar outras partes do corpo humano ou de animais,

Quando se colocava um corte de cérebro em uma lâmina no microscópio, não era possível enxergar os neurônios, viam-se só as células da glia, que não são as células principais do sistema nervoso, e isso impossibilitava de entender seu funcionamento, Até que Golgi cria essa nova forma de tingimento, que é chamada inicialmente de técnica da reação negra, e torna possível ver, pela primeira vez em uma lâmina, uma formação neuronal. E fez-se luz na

neurociência! Foi possível enxergar o neurônio! Portanto, só na entrada do século XX é que se começa a relacionar a estrutura física do neurônio com a geração da atividade elétrica no cérebro.

A técnica de Golgi foi usada posteriormente pelo neuroanatomista espanhol Santiago Ramón y Cajal (1852-1934), que melhorou a maneira de colorir as células com uma dupla impregnação no tingimento, possibilitando enxergar melhor o neurônio no microscópio e descobrir uma série de novos fatos sobre a organização do sistema nervoso e o desenvolvimento da sua "doutrina dos neurônios" Cajal era exímio desenhista e fez desenhos extraordinários dos neurônios que marcaram profunda mente a história da neurociência. Juntos Golgi e Cajal receberam o prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 1906.

E, agora que era possível ver o neurônio, no ano de 1909, o inglês Charles Scott Sherrington, enxerga a sinapse - a comunicação entre neurônios - e dá nome a ela, abrindo as portas para a compreensão do funcionamento do sistema nervoso. Ele estabeleceu com sua teoria que o sistema nervoso poderia ser compreendido como uma única rede interligada. Além disso, descobriu que temos sistemas inibitórios de movimento, ou seja, que não só temos neurônios que mandam informação, mas estruturas hierárquicas de controle, em que as instâncias superiores comandam as inferiores, modulando a ação e a intensidade da mesma. Isso significa dizer que existem sinais excitatórios e sinais inibitórios que proporcionam tal modulação.

Sherrington fez essa descoberta a partir do fato de que algumas lesões de nervos, ao invés de fazê-los perder a possibilidade de contrair, provocavam contrações - o que lhe pareceu surpreendente. Sua curiosidade sobre o fato foi a chave para a revelação dos sistemas inibitórios. E essa foi uma grande evolução para o entendimento do sistema nervoso, Compreender que o mesmo sistema que nos faz ficar em pé, quando desligado, nos faz ficar sentado. Em 1932, Sherrington recebe o prêmio Nobel da Medicina por sua fantástica descoberta!

Caminhos inesperados da ciência

Ainda no século XX, a neurociência avança por caminhos inesperados. Por exemplo, surgem as pesquisas do russo Ivan Pavlov (1849-1936), que estuda os reflexos condicionados. Ao contrário do que muitos pensam, Pavlov não estava pesquisando sobre aprendizagem em suas investigações, mas era um fisiologista

que estudava o controle da saliva em animais. estudar a produção de saliva em cães expostos a vários tipos de estímulos, Pavlov percebeu que, com o passar do tempo, a salvação passava a ocorrer não apenas em resposta a alimentos oferecidos, mas em elementos relacionados à situação que anteriormente não causavam tal comportamento. Os animais passavam a salivar apenas com o som dos passos de seu assistente que levava a comida ou quando havia a apresentação da tigela do alimento. A partir dessas observações, realizou experimentos em situações controladas de laboratório e desenvolveu sua teoria sobre o mecanismo do condicionamento clássico.

A ideia básica do condicionamento clássico de Pavlov consiste em que algumas respostas comportamentais são reflexos incondicionados inatos, enquanto outras são reflexos condicionados, aprendidos através da conexão ou emparelhamento com situações agradáveis ou aversivas que acontecem de forma simultânea ou imediatamente posterior. Através da repetição, é possível criar ou remover respostas fisiológicas e psicológicas em seres humanos e animais. Essa descoberta foi bastante significativa e amplamente utilizada no tratamento de fobias, em anúncios publicitários, entre outras aplicações da medicina.

Também aconteceu de forma inesperada a descoberta de James Papez (1883-1958). O neuroanatomista americano estava investigando o olfato e acabou descobrindo o circuito límbico, que hoje sabemos que é o sistema emocional.

Em ciência, muitas vezes atira-se para um lado e acerta-se outra coisa. E, neste caso, foi um grande tiro para o entendimento das emoções.

Mapeando o cérebro dos vivos

Com o desenvolvimento da neurociência, avançam as cirurgias no cérebro e o mapeamento de regiões dele não mais em cadáveres, mas em indivíduos vivos, especialmente os epiléticos, que eram uma grande preocupação do momento.

Nessa época não havia medicação antiepilética e a qualidade de vida dos pacientes acometidos pelo transtorno era bem ruim e dramática. Foi então que, em 1909, Harvey Cushing, tentando beneficiar pacientes epiléticos, montou um eletroencefalógrafo - um aparelho que continha eletrodos para serem colocados no escalpo (pele por cima da cabeça) e que conseguia detectar a atividade elétrica do cérebro. Como a epilepsia é uma atividade muito exuberante e errática, era possível perceber em que região ela tinha começado e então se abria

o cérebro e retirava-se essa parte como forma de profilaxia aos ataques epiléticos. A retirada de partes do cérebro teve muitos sucessos, em termos diminuição ou extinção das convulsões, mas os responsáveis também começaram a perceber os efeitos colaterais dela: perda do movimento de um braço, mão ou pé, perda de consciência... E, assim, iniciaram o mapeamento do cérebro, descobrindo as funções de cada região.

Logo perceberam que poderiam fazer esse mapeamento em plano cirúrgico, ou seja, durante uma cirurgia, já que o cérebro não tem receptores de dor. Então, anestesiando-se a pele, pode-se mexer no cérebro sem que o paciente sinta.

Assim, Cushing começou a fazer estimulações elétricas em várias áreas do córtex cerebral para ver o resultado. Estimulava um local, mexia o braço; outro, o pé. E, assim, relacionou-se estrutura e função mais facilmente.

Também foram de fundamental importância para o mapeamento do cérebro os trabalhos de Korbinian Brodmann (1868-1918), neurologista e psiquiatra alemão. Tendo em vista que cada parte do cérebro fazia uma coisa diferente, Brodmann analisou o córtex cerebral, que é a parte mais externa do cérebro (córtex significa casca), e verificou que áreas distintas tinham diferentes camadas e constituições. Ele percebeu que em algumas partes a primeira camada era maior, em outras menor, que o número de camadas variava, entre outras coisas. Apenas a título de ilustração, era como se pegássemos o córtex, esticássemos e alisássemos com ferro de passar roupa, achatando-o na horizontal como um bolo. O bolo do córtex teria pedaços com mais cobertura, outros com mais recheio e outros com mais massa. E foi percebendo tais diferenças nos pedaços do cérebro que Brodmann construiu seu chamado mapa

citoarquitetônico (que mostra arquitetura das células no tecido), descrevendo o que tinha em cada pedacinho do cérebro.

Apesar de, à primeira vista, o cérebro parecer homogêneo, descobriu-se que não era: Brodmann dividiu-o em cerca de 50 áreas com diferentes arquiteturas celulares. E isso evidenciou a relação da estrutura das partes do cérebro com suas funções. O arranjo dos neurônios e até a forma deles têm a ver com o que aquela parte do cérebro faz. Ao nascimento, o cérebro todo é muito parecido, mas, à medida que ele vai sendo utilizado, alguns neurônios morrem, outros aumentam de tamanho, especializam-se e o uso modela a arquitetura de cada região. Existem algumas especializações dos neurônios ao nascer, mas na grande

maioria do cérebro é como se fosse uma massa de modelar que, dependendo do que está acontecendo no mundo, vai sendo moldada para uma ou outra coisa.

Brodmann passou a vida cortando e analisando pedacinhos de cérebro no microscópio e descobrindo o que tinha em cada pedaço. Depois, com o passar do tempo, percebeu-se que muitas das áreas de Brodmann estavam equivocadas em termos de função e elas foram sendo alteradas.

Outros pesquisadores mapearam o cérebro de várias formas: a partir da estrutura do próprio cérebro, a partir dos tipos de células, a partir das conexões entre os neurônios... E, dependendo da forma escolhida, tem-se um mapa bastante diferente. Até hoje neurocientistas não conseguem chegar a um consenso sobre o número de áreas cerebrais e, mais difícil ainda, sobre suas funções. Mais recentemente, a comparação de mapas de diferentes pontos de vista - estrutura, células, conexão....-, acrescida de estudos eletrofisiológicos em animais e pacientes neurocirúrgicos, tem ajudado a mapear mais profundamente o cérebro e, com tal combinação de dados, apontar prováveis funções para determinadas áreas, algumas com mais e outras com menos certeza. Muitas descobertas foram feitas, mas ainda há muito a se evoluir nesse sentido. De qualquer forma, o mapa de Brodmann foi de extrema importância para a compreensão de muitos mecanismos cerebrais.

Lobotomia: retirando do mapa uma parte do cérebro Enquanto Brodmann estava no laboratório classificando pedacinhos do cérebro, os cirurgias continuavam operando o cérebro. E, de repente, descobriram uma técnica, que foi muito desenvolvida por Antônio Egas Moniz (1874-1955) a partir de 1930: a famosa e polêmica lobotomia (lobo = cérebro, tomo = pedaço) consiste em tirar um pedaço do cérebro que não está funcionando bem, na tentativa de se resolverem problemas como a epilepsia e

psicoses. Também foi desenvolvida a leucotomia, em que não se tirava o pedaço do cérebro, mas cortavam-se as conexões entre determinadas áreas, impedindo a comunicação.

Egas Moniz descobriu que se pegasse alguém com comportamento psicótico, esquizofrênico ou com uma alteração de comportamento muito robusta e fizesse uma cirurgia bem simples, que era colocar o leucótomo por uma trepanação (um buraco no crânio), e cortar um pedaço dele, poderia resolver tais problemas. No entanto, o que acontecia é que muitos dos operados ficavam meio apáticos, mas

ainda assim o procedimento era visto como um ganho para os familiares, pois os pacientes não seriam tratados como loucos e colocados em hospícios que não tinham a mínima estrutura e cuidado com eles. Egas Moniz foi o pioneiro da psicocirurgia para controle de pacientes psicóticos.

Mas, ao mesmo tempo em que acontecem tais cirurgias, a psicanálise está se desenvolvendo e tem outras propostas para esquizofrênicos e psicóticos. A lobotomia fez com que passássemos a tratar a epilepsia, uma doença do cérebro, com cirurgia, Mas também fez que passássemos a tratar a "loucura", as psicoses, consideradas doenças da mente, com cirurgia no cérebro - e com sucesso. Isso gerou grande conflito na psicologia. Psicanalistas começam a dizer que os cirurgiões estavam mutilando as pessoas erroneamente já que o problema não seria no cérebro e sim na mente. Esse momento marca o afastamento completo do estudo do cérebro e do estudo do comportamento e da mente humana, havendo uma cisão entre esses dois tipos de pesquisadores e especialistas.

Para complicar a discussão, nas décadas de 50 e 60, começam a surgir drogas que contribuem ainda mais para a cisão entre os dois campos. Mentalistas dizem:

"estão medicalizando a doença mental", mas os antipsicóticos começam a levar os doentes de volta para casa, fornecendo mais qualidade de vida. E, mais uma vez, a descoberta foi por acaso. Estavam utilizando unia droga chamada prometazina, que é um anti-histaminico (contra alergias), para acalmar on sedar pacientes, já que não havia ainda uma droga antipsicótica. Em testes, fizeram uma mudança na molécula e criaram a clorpromazina, que é uma molécula muito parecida e eles achavam que teria o mesmo efeito como anti-histamínico.

Quando ela foi administrada, surpreendentemente, os pacientes psicóticos tiveram grande melhora. Em seguida, veio o Droperidol, entre outros, e atualmente temos um arsenal de antipsicóticos para diferentes tipos de pacientes psicóticos, O desenvolvimento foi tão grande que, hoje, quem ainda apresenta psicose é porque está sem tratamento médico ou com tratamento inadequado, A grande discussão dos séculos XIX e XX se deu entre os que acreditavam que corpo e mente eram como uma coisa só e aqueles que viam como duas coisas separadas. Tal discussão ganha muita relevância e desencadeia uma

divisão que teria consequências enormes para o pensamento científico, a filosofia, a religiosidade e, principalmente, para a prática clínica da medicina e da psicologia. Essas duas correntes filosóficas, a monista e a dualista, orientaram

as ciências humanas e as ciências naturais a seguirem caminhos bem distintos para responder perguntas sobre a natureza do homem, seu comportamento, suas doenças psíquicas ou neurológicas e como classificá-las e tratá-las.

De um lado, neurologistas, psicólogos e cientistas como Paul Broca, William James, Wilhelm Wundt, Karl Wernicke, Santiago Ramon & Cajal, Charles Sherrington, Korbinian Brodmann, James Papez, Harvey Cushing, Wilhelm Penfield, Egaz Moniz, entre outros, debruçaram-se sobre a fisiologia do corpo humano e especial mente sobre o cérebro para explicar processos de aprendizagem, comportamento, desenvolvimento e patologias. Do outro, os dualistas que consideravam a psique, o espírito e a existência de outras manifestações não materiais da mente humana, construindo o conceito de psicodinâmica. Assim, Josef Breuer, Sigmund Freud, Otto Rank, Alfred Adler e Karl Jung desenvolveram a psicanálise e o estudo do funcionamento da mente sem referenda alguma aos estados e elementos orgânicos, nem mesmo o próprio cérebro.

Para falar sobre neurociência

Com o avanço das pesquisas sobre o sistema nervoso, percebe-se a complexidade do tema e a dificuldade em estudá-lo. Fica evidente, portanto, a necessidade de se transcender questões biológicas e congregar áreas bastante distintas como a psicologia, as ciências sociais, econômicas, da informação, envolvendo de eletroquímica à filosofia, de processos intracelulares ao comportamento, de consumo à linguística, de antropologia à Inteligência artificial. Enfim, associa-se o cérebro e os processos mentais às mais distintas áreas do conhecimento em busca de respostas para a compreensão de seu funcionamento. Desta maneira, surge uma nova ciência, bastante abrangente e interdisciplinar: a chamada neurociência. O sistema nervoso - ao contrário do circulatório (não temos uma cardiociência, por exemplo) ou digestivo - dada a sua complexidade exigiu a criação de uma ciência própria, com muitas facetas, integradora de várias áreas bastante diversas.

Então, em 1970, surge um dos primeiros grandes eventos para a discussão e desenvolvimento da neurociência e a criação da entidade chamada “Society for Neuroscience” com o objetivo de alavancar as pesquisas e discussões sobre o sistema nervoso. Com o passar dos anos, a sociedade foi crescendo e hoje reúne

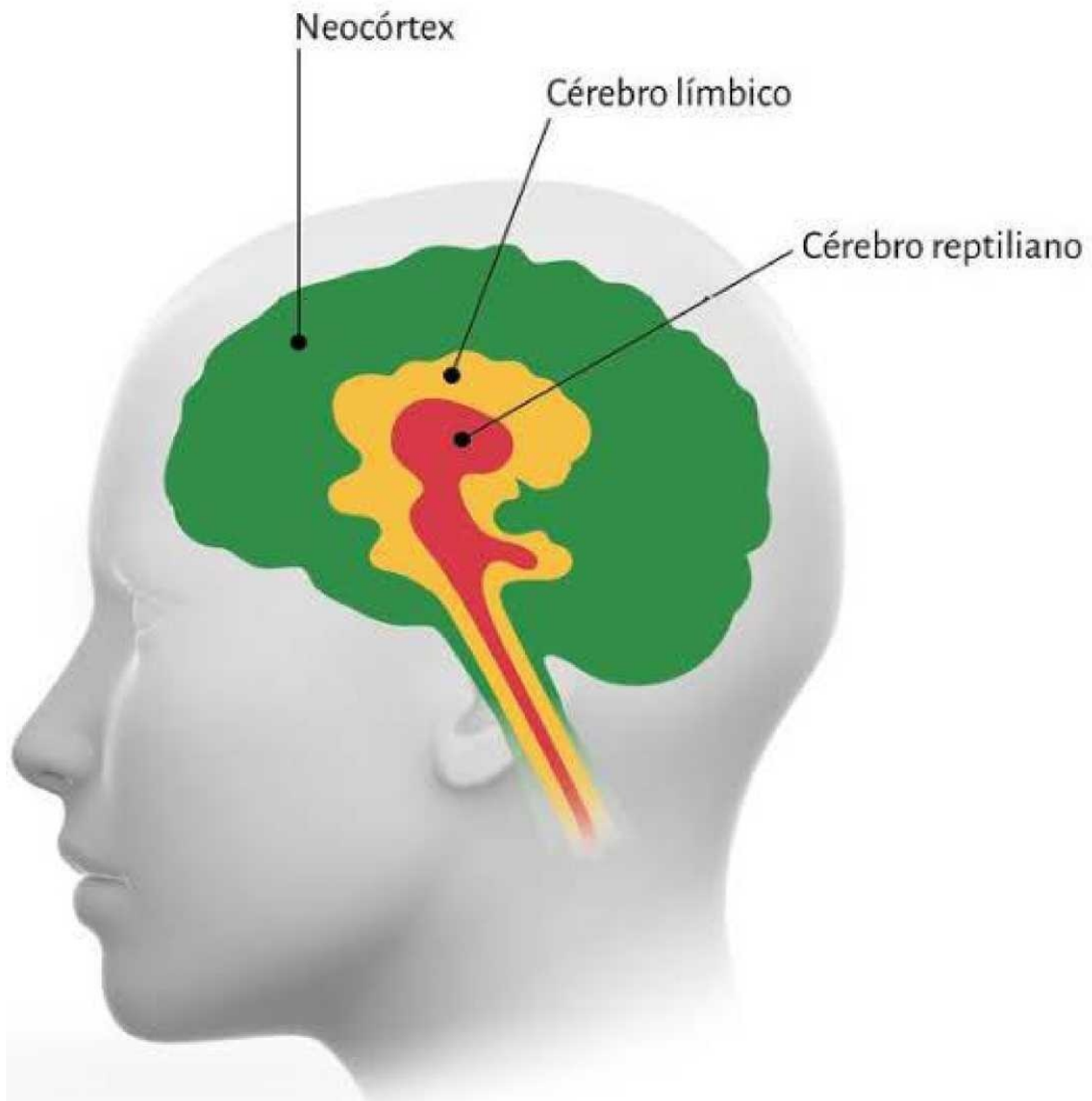
cerca de 36 mil afiliados de mais 95 países.

Ainda na década de 70, Paul Mac Lean (1913-2007) desenvolveu o conceito de cérebro trino. Ele divide o cérebro humano em três partes: 1 - o cérebro reptiliano, mais primitivo, instintivo, responsável pela sobrevivência e emoções primárias como fome e sede, capaz de responder apenas com reflexos simples como nos répteis;

2 - o cérebro límbico ou emocional, que seria o dos mamíferos inferiores, responsável pelas emoções;

3 - o neocortex, cérebro mais recente e racional, responsável por tarefas intelectuais que só os seres humanos dominam e que seria a parte do cérebro capaz de pensar abstratamente e produzir invenções.

Mac Lean tinha estudado na escola russa, os mapas funcionais russos mostravam uma estrutura que colocava a especialização humana como uma relação hierárquica com as outras partes do cérebro. Ele é o primeiro a falar que a diferença entre um animal e um ser humano não está na mente e sim no próprio cérebro. Isso fortalece a cisão entre monistas e dualistas, pois tal ponto de vista era considerado uma heresia, dizer que a diferença entre um ser humano e um animal não é alma, não é a mente, mas “apenas” o próprio cérebro, era um absurdo para a época.



Cérebro trino: reptiliano, límbico e neocortex.

A revolução neurocientífica

Foi na década de 80 que tivemos o início das neuro imagens. Tais imagens foram revolucionárias para a compreensão do funcionamento do cérebro, possibilitando uma visão mais dinâmica do sistema nervoso, com diversos planos e cortes.

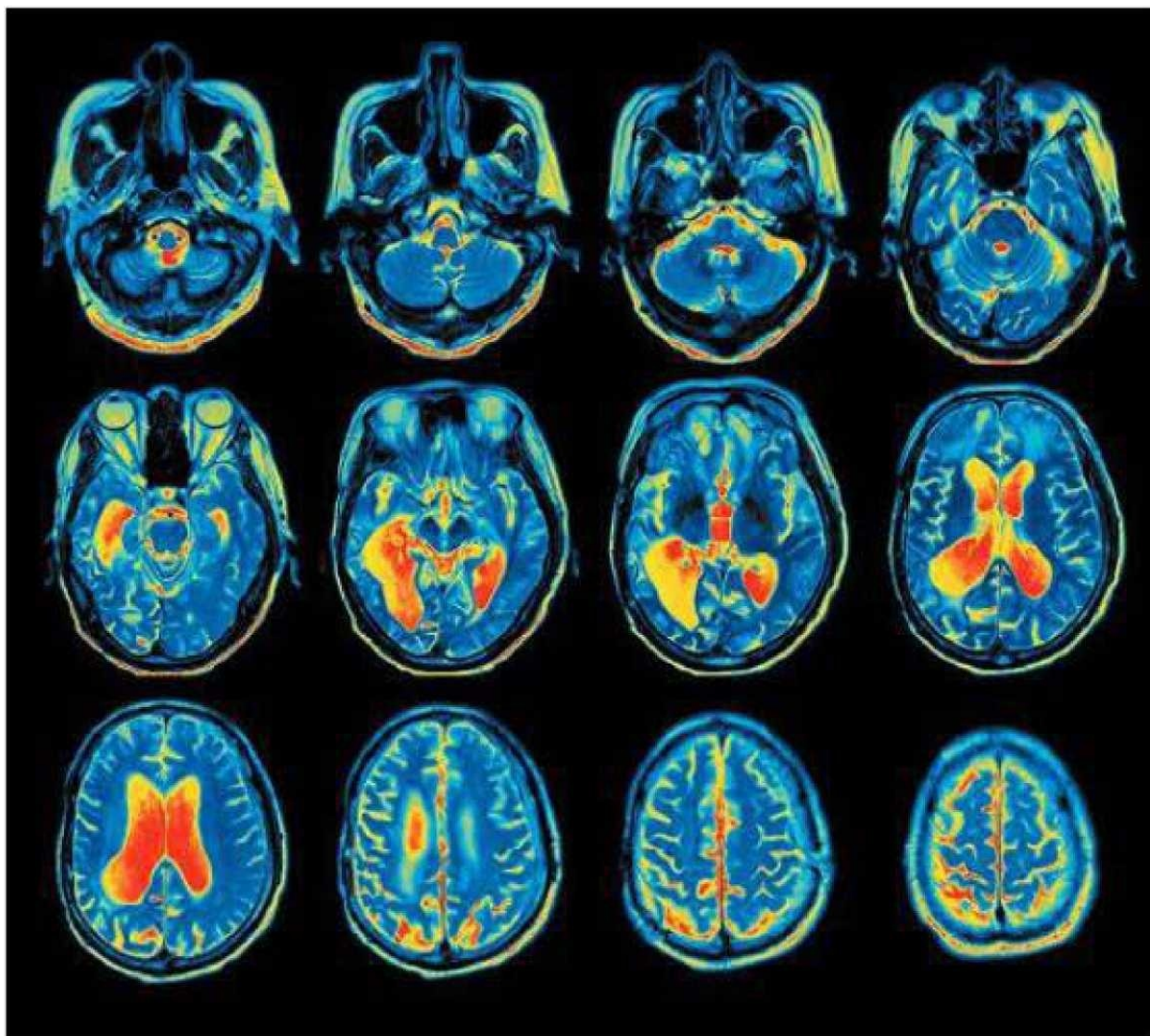
Inicia-se, assim, o estudo do funcionamento cerebral não só em plano cirúrgico

ou em cérebros com lesões e funcionamento anormal, mas do cérebro saudável e em diferentes atividades, como na fala espontânea, na leitura, no pensamento, no raciocínio, ou seja, na utilização das funções executivas.

Também nessa época, mais precisamente em 1987, surge a Fluoxetina ou, como é mais conhecido, o Prozac, poderoso medicamento antidepressivo, que foi muito importante por mostrar que os quadros de depressão profunda têm um componente ligado à neuro transmissão que é possível de ser corrigido, dando a chance ao indivíduo de reagir para passar por terapia e outros tratamentos. E isso ressaltou que o problema não era apenas a mente, mas que tratando o cérebro era possível reverter a depressão, uma doença considerada da mente.

Mas foi na década de 1990 que tivemos a grande explosão de conhecimento sobre o funcionamento do sistema nervoso, o avanço foi tão significativo que esse momento foi denominado nos Estados Unidos como a "Década do Cérebro". Ao terminar a Guerra Fria, os Estados Unidos investiram fortemente em descobrir como o cérebro humano funciona. E tivemos um imenso avanço em neuroimagens, ou seja, nas técnicas de escaneamento do cérebro.

Ressonância magnética, tomografia funcional, pet scan, tomografia por emissão de positrons, entre outras técnicas que resultaram em um aprofundamento bastante evidente dos conhecimentos sobre o cérebro.



Ressonância magnética do cérebro (MRI).

Em 2000, Arvid Carlsson, Paul Greengard e Eric Kandel recebem o primeiro prêmio Nobel de neurociência com pesquisas sobre segundos mensageiros da transdução neuronal. Eric Kandel, neurocientista austríaco naturalizado nos Estados Unidos, é considerado o pai da neurociência contemporânea. Estudando a *Aplysia*, que é um animal marinho, ele revelou processos fundamentais para a formação da memória humana e que têm forte influência na aprendizagem.

Kandel, no seu livro “Princípios de Neurociência” (Principles of Neural Science), de 1995, diz que a neurociência moderna representa uma fusão da biologia molecular com a neuropsicologia, anatomia, embriologia, biologia celular e a psicologia. Para ele, uma abordagem trans disciplinar é que nos fará

avancar no entendimento do cérebro.

Hoje em dia, a neurociência procura desvendar processos que vão muito além dos estudos patológicos ou da funcionalidade das partes do sistema nervoso, investigando a mente, a consciência, o inconsciente e o comportamento a partir da complexa construção do cérebro humano. A neurociência nega a existência da mente como realidade imaterial independente do corpo ou do cérebro e reconhece que os processos mentais são resultantes do nosso sistema nervoso central.

O avanço técnico e científico sobre o sistema nervoso nos deu um substrato poderoso para a investigação sobre a complexidade humana. A ciência do cérebro evoluiu num ritmo alucinante nos últimos 25 anos e os conhecimentos adquiridos não são usados apenas para o avanço da medicina, mas também por profissionais das mais diferentes áreas, como a economia, a educação, o direito, a psicologia, a gestão de pessoas, o marketing, entre outras.

Uma das aplicações mais fantásticas e também mais polêmicas da neurociência atual é no desenvolvimento da inteligência artificial. Compreender o funcionamento do cérebro tem ajudado a desenvolver máquinas cada vez mais inteligentes. E, se antes as máquinas apenas respondiam com respostas previamente programadas, hoje já conseguem pelo cruzamento de dados e pela progressiva emulação do cérebro humano responder de forma criativa, não programada. E até onde podemos chegar? Só o futuro pode responder.

De um lado, temos os defensores da tecnologia, como Ray Kurzweil, autor de Como Criar uma Mente e um dos grandes nomes da inteligência artificial no mundo. Ele que acredita que em mais uma década conseguiremos completar a engenharia reversa do cérebro, descobrindo toda a essência de seu

funcionamento. o que nos proporcionará os algoritmos para simular em uma máquina todas as capacidades do cérebro humano, inclusive as emoções. Para ele, isso potencializará nossa inteligência, aumentando nosso alcance de atuação e melhorando a nossa qualidade de vida. Kurzweil acredita que os cérebros eletrônicos podem ficar não só tão complexos e potentes como os nossos como podem superá-los, afirmando que a inteligência não-biológica será 1 bilhão de vezes mais rápida que a dos humanos e imensamente superior.

Kurzweil entende que, ao mesmo tempo em que a inteligência artificial pode

potencializar a cura de doenças com novos medicamentos por meio de nano tecnologia, aumentar nossa expectativa de vida, resolver problemas complexos que levaríamos muito mais tempo, também pode estar nas mãos erradas e manipular armas de guerra de terroristas ou contribuir no desenvolvimento de armas biológicas, mas diz ter uma visão bastante otimista com relação à evolução da inteligência artificial.

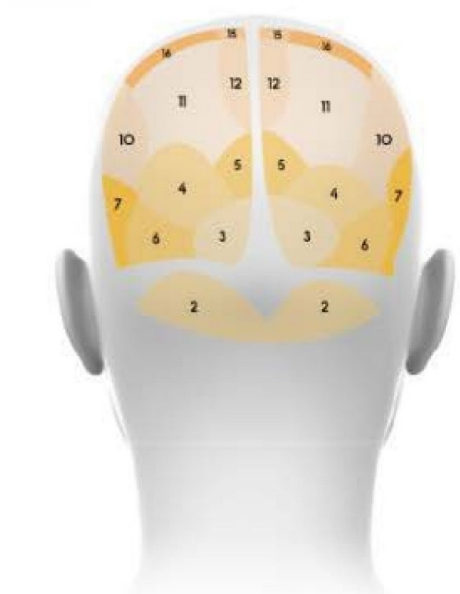
Por outro lado, há pesquisadores, como o renomado neurocientista brasileiro Miguel Nicolelis, que defendem que a inteligência das máquinas nunca vai se equiparar à inteligência humana. Nicolelis defende que o cérebro humano é muito mais poderoso e complexo do que qualquer cálculo matemático e que as máquinas nunca o superarão. Para ele, o cérebro não pode ser simulado, as máquinas vão é estar em simbiose com os humanos, serão incorporadas ao nosso eu, ao nosso *self*. e ajudarão a melhorar a qualidade de vida das pessoas. Mas, em sua opinião, de forma alguma a máquina superará o cérebro.

Ainda fica difícil responder até onde podemos chegar com a inteligência artificial. E não importa se concorda com Kurzweil ou se prefere as ideias de Nicolelis. No entanto, a influência dos avanços da neurociência sobre desenvolvimento da inteligência artificial é indiscutível.

De fato, há que se destacar que o salto da neurociência nos últimos anos é bastante evidente. Foi uma escalada e tanto! Avançamos muito, as descobertas transformaram nossa compreensão do ser humano e do seu comportamento.

Apesar disso, é preciso reconhecer que tal escalada da neurociência ainda continua. Estamos longe do topo da montanha, temos muito chão e suor pela frente. Sabemos apenas uma pequena fração do funcionamento do sistema nervoso e há muito que avançar.

Mas, do patamar que estamos, a visão já é espetacular.



Emoções

Propensões

1. Destrutividade
2. Atratividade
3. Amor por crianças
4. Adesividade
5. Constância
6. Combatividade
7. Secretibilidade
8. Suscetibilidade
9. Construtividade

Sentimentos

10. Cautela
11. Conforto
12. Autoestima
13. Benevolência
14. Veneração
15. Firmeza
16. Consciência
17. Esperança
18. Desejo
19. Idealização
20. Alegria
21. Imitação

Inteligência

Percepção

22. Individualidade
23. Forma
24. Tamanho
25. Peso e estabilidade
26. Cor
27. Localidade
28. Ordem
29. Número
30. Eventualidade
31. Tempo
32. Afinação
33. Língua

Reflexão

34. Comparação
35. Causalidade

*Frenologia: teoria localizacionista **equivocada** de Franz Gall que apalpava o crânio para descobrir personalidade.*

Capítulo 2

Primeira Parada: o Sistema Nervoso

Nessa primeira parada, antes de qualquer coisa, a pergunta que não quer calar: por que temos cérebro e um sistema nervoso? Pra que serve esse negócio? E

então, de supetão, podemos cogitar: para pensar, para nos comunicarmos, para aprender, para guardar memórias... Mas, de fato, a grande função do sistema nervoso é outra: produzir e coordenar movimentos.

A princípio, essa ideia parece totalmente descabida. Só isso? Parece desmerecer a complexa e poderosa máquina que temos dentro do crânio e suas interligações com todo o corpo, Mas, quando paramos para pensar que o movimento é a forma que temos de atuar no mundo e que quase tudo que fazemos depende de uma contração muscular - falar, acariciar, escrever, caminhar, digerir, escovar os dentes, sorrir, ver, respirar, fazer xixi,, --

percebemos o quão importante a precisão e a coordenação dos movimentos podem ser para os seres humanos.

Movimentar-se é muito mais do que se locomover pra lá e pra cá. É ação, é comportamento, é comunicação, é transformação do mundo, é a consolidação da intenção. De acordo com o neurocientista Daniel Wolpert, a função básica do sistema nervoso é o movimento. Segundo ele, os processos sensoriais, mnemônicos e cognitivos, que também são atribuições do sistema nervoso e normalmente são apontados como as principais funções dele, são importantes, mas, na realidade, têm a função de dirigir movimentos futuros ou inibi-los.

Enfim, tudo acaba em ação ou no bloqueio dela, na não-ação.

Vale ressaltar que o sistema nervoso é uma especialidade de seres vivos mais complexos e apenas dos que se movem. Está aí mais um indício! não há sistema nervoso em organismos simples unicelulares, como bactérias ou fungos, isso porque estes organismos não precisam de integração entre as células, não precisam coordenar a ação e funcionalidade de diferentes células já que possuem

apenas uma. Mas também não existe sistema nervoso em organismos complexos que não saem do lugar, como grandes árvores, videiras ou vitórias régias. Para se ter uma ideia de como o sistema nervoso está ligado ao movimento, as Ascídias, seres que vivem no fundo do mar, quando em sua forma larval, movimentam-se em busca de um local para se fixarem e, nessa fase, apresentam um gânglio cerebral que controla seu nado. Já na fase adulta, a Ascidia se fixa em um local e fica ancorada como uma planta. Durante a metamorfose de uma fase para a outra, a Ascidia digere seu próprio gânglio central - que seria como comer o próprio cérebro - já que em forma de planta não necessitará mais dele.

Tais informações nos fazem especular que o real papel do sistema nervoso seria organizar a movimentação de um ser vivo para que ele se adapte bem ao meio em que vive. Aliás, a vida de seres complexos e móveis só foi possível justamente pela existência de um sistema de controle para gerenciar as contrações musculares. Sendo assim, seria de fundamental importância proporcionar velocidade no processo de receber uma informação e provocar uma ação, movimento ou resposta específica.

Os movimentos do nosso corpo são provocados pela contração de células musculares. Até aí, sem novidades, não é mesmo? Mas algumas dessas células contrateis do nosso corpo podem ter a sua retração provocada por eventos muito simples, como um estiramento, ou seja, se ela é esticada, automaticamente se contrai. Essas células são responsáveis pelo movimento de nossas vísceras, como intestinos, bexiga, vasos sanguíneos e são chamadas células musculares lisas.

O disparo da contração dessas células pode ser feito por substâncias químicas presentes na circulação, os chamados hormônios, ou até mesmo por estímulos mais simples como a presença física de algum alimento numa porção do intestino. Esse tipo de resposta das células musculares aos estímulos é muito importante para o funcionamento dos intestinos por exemplo, mas não é suficiente para processar informações mais complexas.

Imagine que um animal acaba de se alimentar. As células do seu intestino, ao receberem a comida, são esticadas - feito a bola de futebol que estufa a rede ao entrar no gol. Ao serem esticadas, as células intestinais são automaticamente estimuladas a se contraírem para promover a digestão daquele alimento nas vísceras. Porém, nesse exato momento, de barriga cheia, este animal vê um perigoso predador prestes a devorá-lo. E precisa usar toda sua energia disponível

para fugir o mais rápido possível daquele lugar. Então, é necessário que se avise rapidamente essas células do intestino, feito juiz apitando no meio do campo:

“Prrriiiiiiii!!! Parem já! não contraíam agora! É hora de lutar pela sobrevivência, não temos energia suficiente para digerir e fugir. Parem essa digestão imediatamente!u, E, assim, com a digestão congelada, o animal consegue mobilizar toda sua energia para correr em disparada e safar-se do predador. Mas, no corpo humano, quem teria o papel de passar essa mensagem?

Se você chutou que seria o sistema nervoso, bola na rede! É exatamente esse o papel que o sistema nervoso executa no controle dessas células musculares mais simples. Dessa forma, as funções viscerais podem ser integradas e coordenadas com outras funções, aumentando a chance de sobrevivência desses animais, perpetuando as espécies que detinham esse tipo de controle e marcando o processo evolutivo.

Mas, então, quer dizer que o controle através do sistema nervoso corresponde a um tipo de evolução? Sim, sem dúvida alguma, o sistema nervoso é uma melhoria funcional considerável, um significativo diferencial, uma imensa contribuição para os seres vivos.

Evolução do sistema nervoso

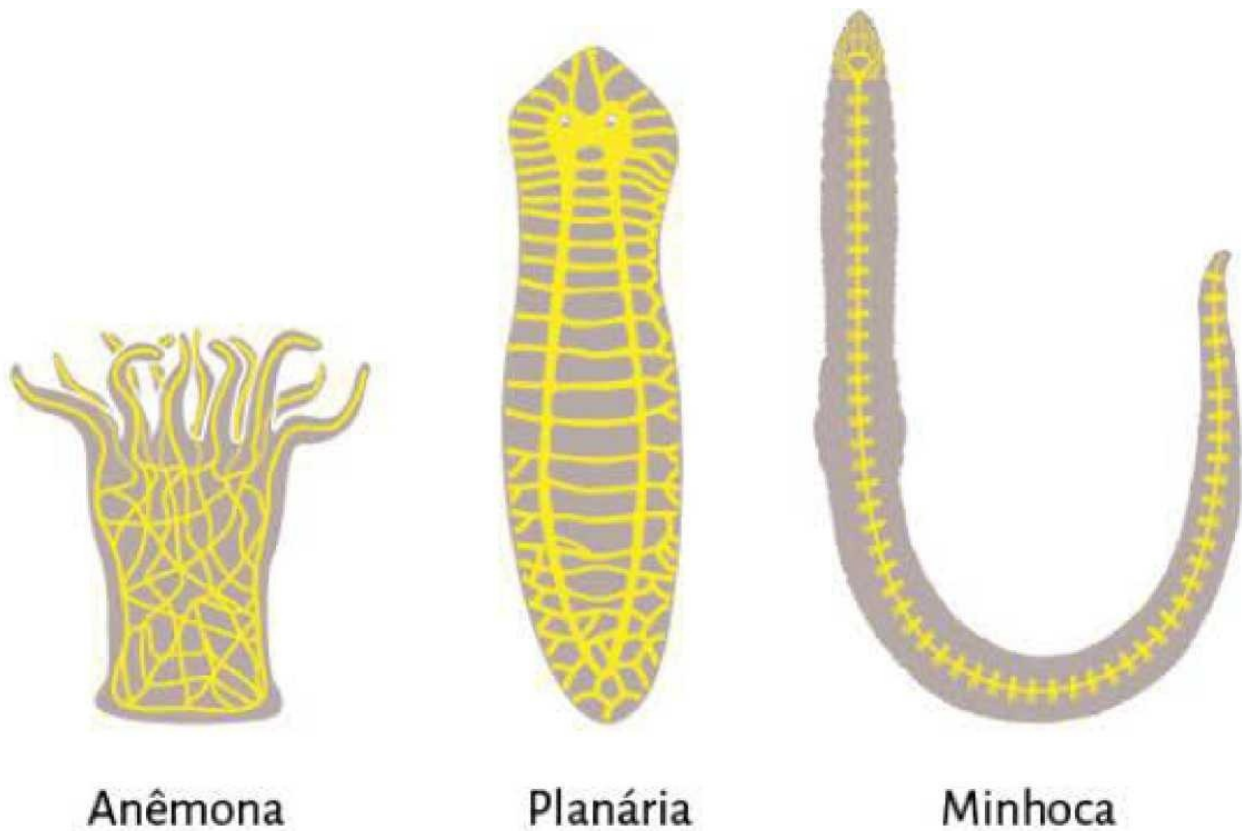
O sistema nervoso não existe em animais unicelulares ou nos unicelulares inferiores, como poríferos ou espongiários. Foi a vida multicelular que demandou sua existência. O início dos neurônios - células que conduzem estímulos nervosos - se dá nos celenterados (ou cnidários), como águas-vivas, anêmonas-do-mar e caravelas. Nos pólipos dos cnidários - como os corais e as anêmonas - essas células aparecem espalhadas pelo corpo, formando uma rede sem muita organização e não há um centro nervoso que as comande, os estímulos externos atuam sobre um ponto do corpo e provocam apenas uma resposta local.

Nos animais de simetria bilateral, devido à maior complexidade desses organismos e à necessidade de centralizar controles para que ajam em conjunto, começa a cefalização. A cabeça passa a abrigar a porção mais desenvolvida do ainda precário sistema nervoso, iniciando a coordenação central do mesmo, organizado em filetes nervosos ao longo do corpo. Graças à sincronização das ações, esses organismos conseguem se movimentar. A planária, por exemplo,

apresenta uma central de coordenação do organismo em dois gânglios cerebroides, que atuam como "cérebros", e os seus movimentos passam a ser mais coordenados e controlados.

Cabe enfatizar que o sistema nervoso não começa como um sistema de detecção do ambiente, mas sim como um sistema de reação. Inicialmente, foi mais importante reagir rapidamente do que detectar informações, embora uma coisa esteja ligada à outra. Nos nematelmintos, por exemplo, não era o sistema nervoso o responsável por detectar o ambiente, mas a célula da superfície corporal e o sistema endócrino.

Nos anelídeos e artrópodes, além das centrais representadas pelos gânglios com a função de cérebro, existem gânglios segmentares ao longo da região ventral do corpo, formando um sistema de coordenação mais eficiente.



Sistemas nervosos da anêmona, planária e minhoca.

Os cefalópodes, como polvo e lula, ainda apresentam um sistema ganglionar, mas são os “cérebros” rudimentares mais desenvolvidos entre os invertebrados,

já bem complexos. Eles têm olhos bem desenvolvidos capazes de reconhecer cor, órgãos táteis capazes de reconhecer forma de objetos e têm.

inclusive, receptores para dor, sendo que o polvo (a lula não) é capaz de localizar e proteger suas feridas, por exemplo.

Entretanto, é nos seres vertebrados que o sistema nervoso real mente se desenvolve e se torna muito mais complexo e elaborado, com um tubo nervoso central especializado no controle de funções sensoriais e motoras, facilitando a adaptação dos organismos ao meio. NOS peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos, o sistema nervoso é bem desenvolvido e se caracteriza por uma central de controle e uma rede de nervos que se espalham por todo o organismo.

Entre os principais ganhos da evolução dos seres vivos, está a capacidade de regular a temperatura corporal ao ambiente. Répteis, por exemplo, são poiquilotérmicos - cuja temperatura do corpo varia conforme o ambiente - e têm uma vida bem mais difícil e limitada pelas condições ambientais. Se moram no deserto, só saem de noite; se moram no frio, só saem durante o dia. Quando os animais puderam desenvolver formas de alterar seu metabolismo para manter a temperatura do corpo estável independentemente do ambiente, isso foi um enorme avanço.

Imagine só quantas informações não precisaram ser cruzadas para que isso pudesse acontecer: a temperatura da pele, a de dentro das vísceras, a do sangue,...

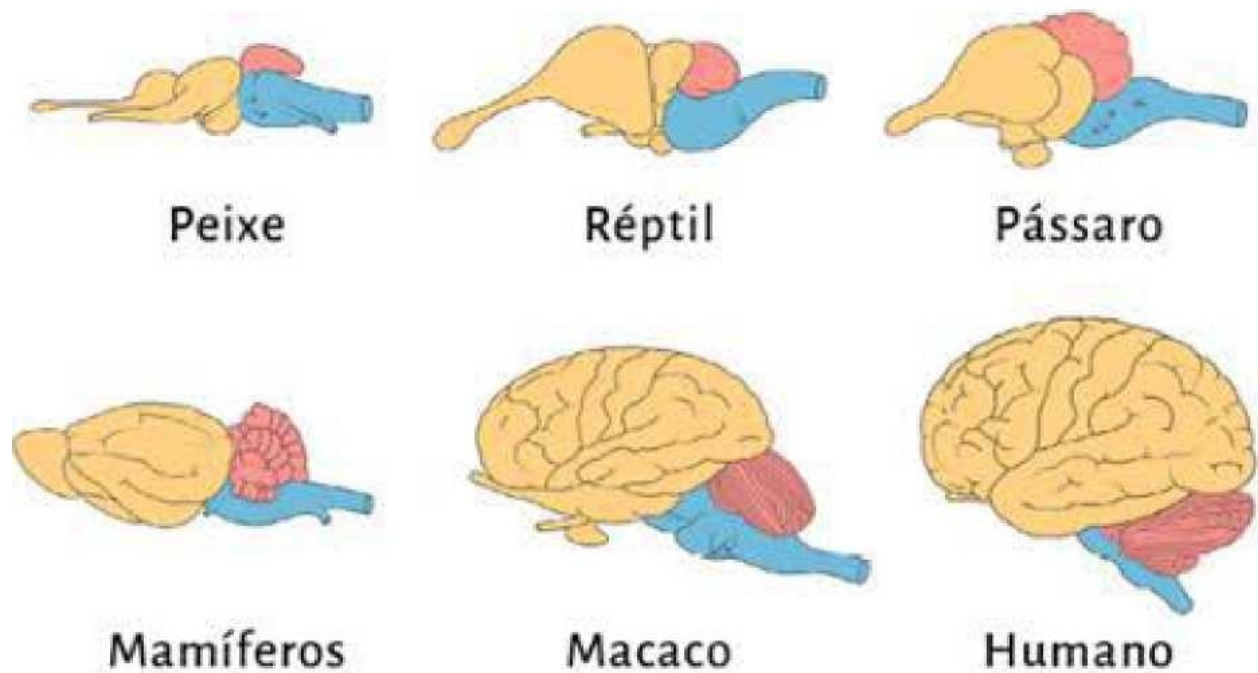
E quem mede tudo isso? Foi preciso desenvolver “termostatos” no corpo inteiro, mas, em especial, um aferidor no cérebro, o chamado hipotálamo. Essa região, que no cérebro humano tem o tamanho da unha do dedo mínimo, é capaz de detectar várias informações de temperatura vindas de diferentes áreas do corpo.

Quanto mais informação, mais esse sistema vai ter chances de responder rápido e, conseqüentemente, mais chances de sobrevivência, reprodução e perpetuação da espécie.

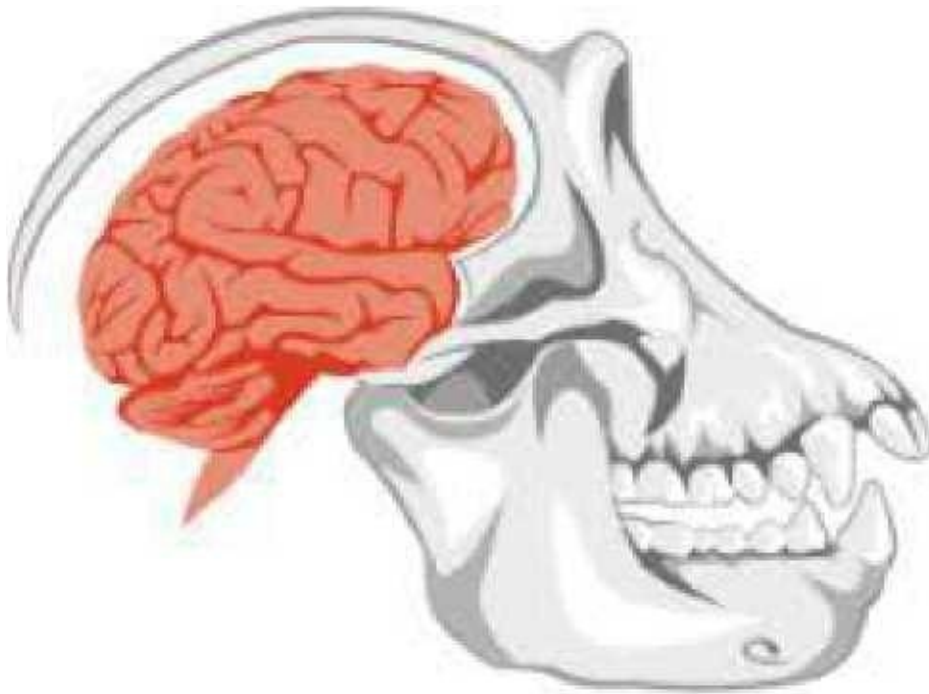
O desenvolvimento da capacidade de discriminação de diferentes estímulos é que vai gerar o desenvolvimento do córtex cerebral. O córtex, que é a área mais externa do cérebro, como se fosse a casca dele, é o melhor qualificador que nós temos, apresentando alto grau de discriminação. Durante a evolução, essa

“casca” do cérebro, se expandiu enormemente como uma camada adicional de

processamento de informações, envolvendo e encobrindo todo o miolo mais primitivo.

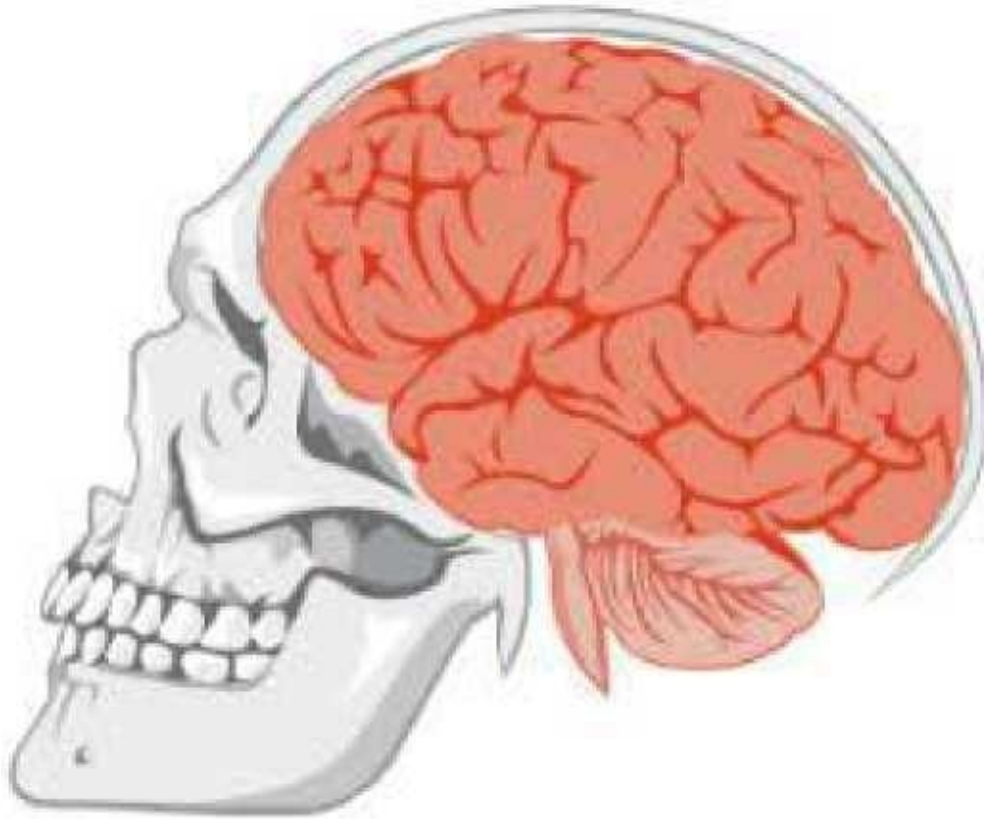


Nos vertebrados de peixes a aves, os hemisférios cerebrais têm superfície mais lisa. Já nos mamíferos, surgem sulcos e circunvoluções, dando ao cérebro uma superfície cheia de ondulações. Essa transformação trouxe uma grande vantagem para os mamíferos. Isso porque, um cérebro com circunvoluções tem sua superfície significativamente aumentada ainda mantendo o mesmo volume - o aumento demasiado de volume prejudicaria a sustentação e movimentação da cabeça, além do equilíbrio.



Encéfalos de animais de diferentes espécies.

Há que se lembrar ainda que, mesmo entre os mamíferos, existe uma grande variação no formato do cérebro, suas partes e no desenvolvimento de suas funções. Até o cérebro dos chimpanzés, que se assemelha ao humano, é, de fato, bastante diferente - repare como a área frontal do cérebro humano é bem mais volumosa. E as diferenças em termos funcionais são ainda mais gritantes.



Cérebro do chimpanzé e cérebro humano.

No ser humano, o sistema nervoso atinge o máximo em complexidade, embora o cérebro dos símios - macacos em geral - já seja bastante complexo, complexidade decorrente da necessidade do uso de ferramentas e de socialização no processo de adaptação ao meio. Na competição entre símios e símios, assim como entre homínídeos e homínídeos, a complexidade cerebral acabou por se tornar um diferencial evolutivo.

No homem, essa tamanha complexidade tornou possível o desenvolvimento da linguagem, a capacidade de discernimento, julgamento, raciocínio lógico, regulação emocional, a elaboração de planejamentos e estratégias, enfim, habilitou nossa espécie a pensar e a elaborar ações conscientes para atuar no ambiente e interagir com os outros.

Agora pare um pouquinho e pense: qual o diferencial humano em relação aos outros animais? O ser humano não é nem de longe o animal mais forte, não é o maior, também não é o mais rápido, nem é o mais numeroso, não é o que mais vive, não é o mais resistente, não temos o melhor olfato, nem a melhor audição...

O que nos distingue dos outros animais é exatamente o grau de complexidade do nosso cérebro que nos permite aprender, planejar, avaliar, nos comunicar e relacionar melhor, passar conhecimento para outras gerações, fazer arte e música, construir cidades, aparatos tecnológicos e civilizações, Tudo isso graças à nossa complexa e eficiente rede neural.

Como se forma o sistema nervoso humano

Depois da fecundação, junção do espermatozoide com o óvulo, as células vão se multiplicando para formar um embrião humano. A medida que se multiplicam, já vão criando certa especialização e subdividindo-se em três camadas de tecido: um tecido interno, um intermediário e outro externo. A parte mais interna é chamada endoderma e vai dar origem às vísceras, a alguns tecidos internos, a tecidos da cavidade torácica. O nível intermediário forma o coração, as glândulas, entre outros. E a camada mais externa vai dar origem à pele e ao sistema nervoso. Quando o embrião tem 30 dias, acontece uma dobra em seu dorso que forma uma espécie de canaleta e, em seguida, se fecha em cima, formando um tubo. Esse tubo, que fica no centro do embrião, passa a ser o sistema nervoso. Ele é um sistema delicado que precisa ser protegido, então, no processo evolutivo, foi se entronizando para se proteger e garantir a sobrevivência.

É importante notar que o sistema nervoso se constitui como um sistema da superfície, é um sistema para ler e reagir ao ambiente, feito para ler o mundo.

Quando passamos a ter consciência, ficamos com essa sensação de vivermos em um mundo interno, desenvolvendo um senso de individualidade muito forte.

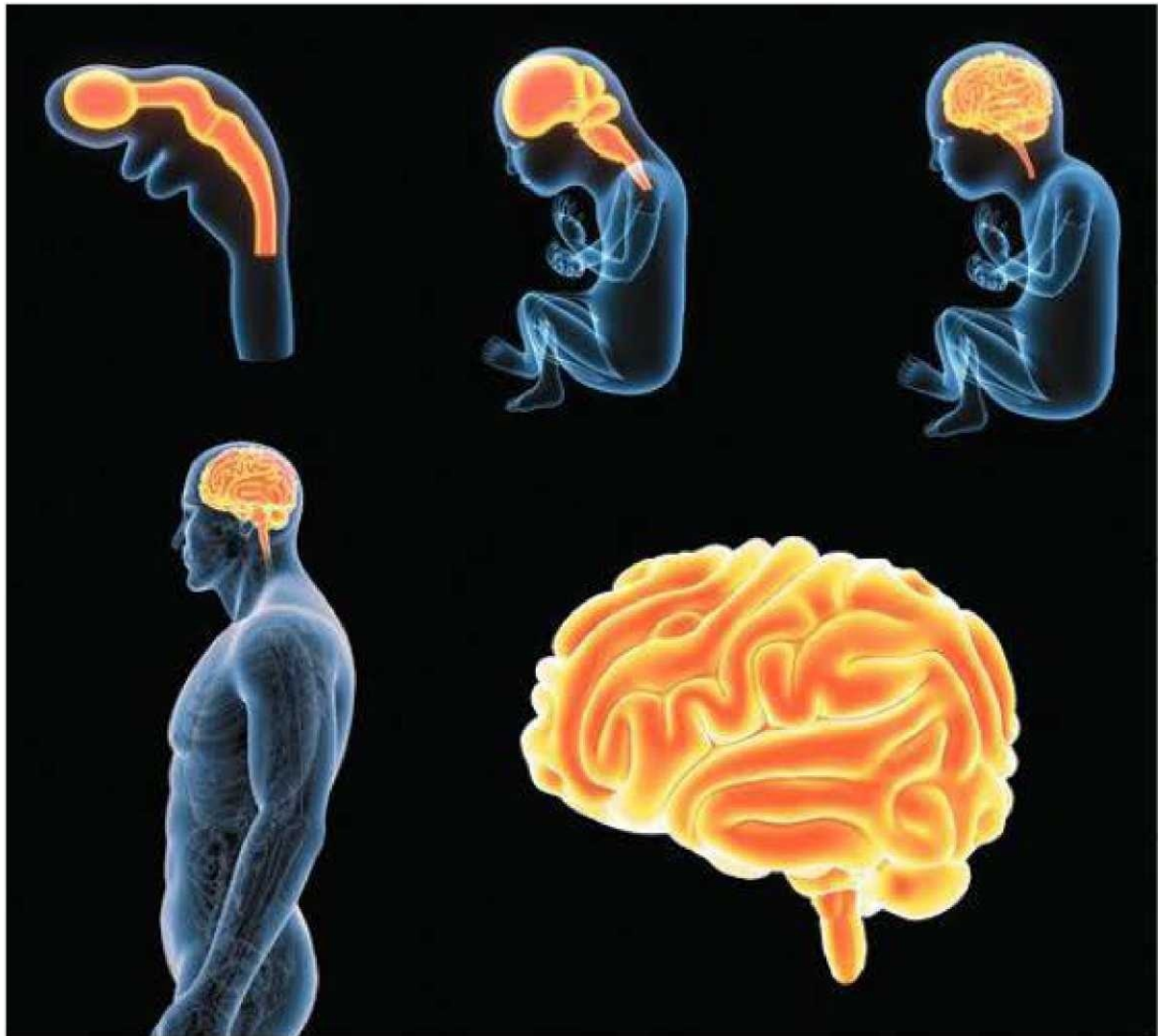
Mas, de fato, o sistema não é feito para ser um processo interiorizado, ele é relacional. Tanto que vai desenvolver a emocionalidade, que é uma forma de ler melhor o mundo, e, depois, a sociabilização pra se integrar aos outros indivíduos e para viver em grupo. O sistema nervoso nos inspira a refletir sobre essa condição incongruente de sermos individualistas, porque ele não foi feito para se isolar, não foi feito para criar uma individualidade plena, mas sim para melhorar a relação deste organismo com o mundo externo.

Desenvolvimento do sistema nervoso.

Como observamos na primeira imagem, o sistema nervoso de um embrião humano com cerca de 45 dias (sendo apenas 15 dias de desenvolvimento de

sistema nervoso) é muito parecido com o sistema nervoso de um anfíbio. Por dentro do embrião que está sendo formado, surge essa “tripa”, que será seu sistema nervoso no futuro, com uma leve dilatação na ponta, que formará o encéfalo. Por volta dos 60 dias de vida do embrião, começam a se formar várias dilatações nessa tripa. Aos 90 dias, surge uma grande dilatação, que vai crescendo por cima de outras estruturas, “escorregando” por fora, como quando se coloca doce de leite em um churro e ele extravasa e recobre toda a ponta do churro, escondendo-a. Aos seis 6 meses de desenvolvimento do embrião, essa dilatação se amplia, mas ainda se apresenta relativamente lisa. Por fim, o cérebro do bebê ao nascimento, já bem maior e mais enrugado, assemelhando-se ao do adulto.

Vejamos as fases de desenvolvimento do sistema nervoso.



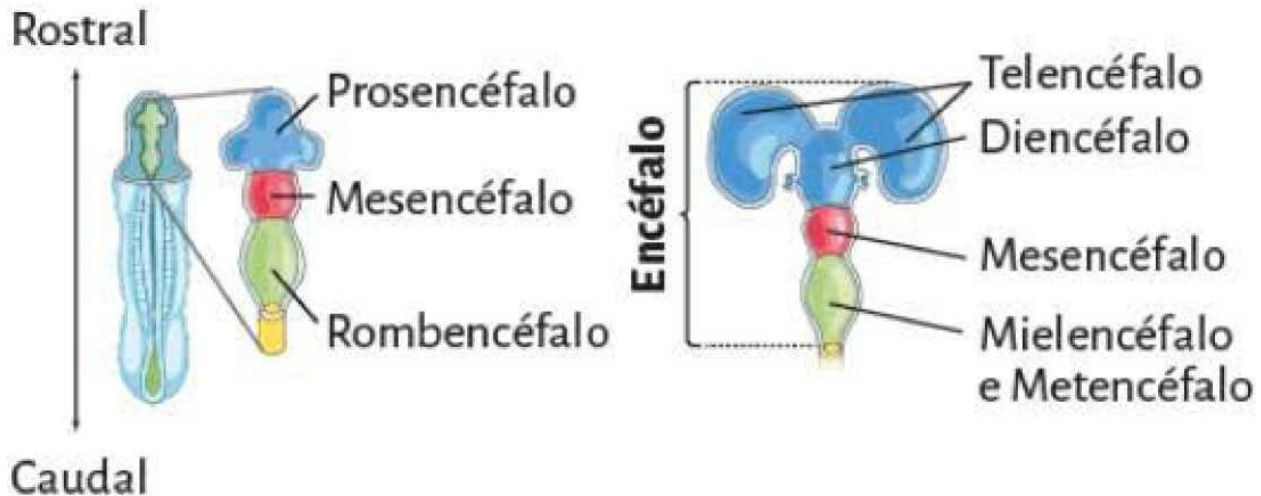
Fases de desenvolvimento do sistema nervoso.

Na primeira fase do desenvolvimento embrionário, o sistema nervoso é apenas um tubo neural que está dividido em três vesículas - Prosencéfalo na ponta, Mesencéfalo ao meio e Rombencéfalo ao final, que continua para a medula espinhal. Aos 45 dias do embrião, o tubo começa a sofrer dilatações (imagem 1).

Inicialmente são três dilatações e, depois, cinco. Isso porque o Prosencéfalo vai se dividir em Telencéfalo e Diencefalo (imagem 2). E o Rombencéfalo vai se dividir em Mielencéfalo e Metencéfalo. Já o mesencéfalo não se subdivide, fica mais ou menos do mesmo tamanho e evolui pouco.

Vale enfatizar aqui que essas cinco dilatações formarão o nosso encéfalo - que é

popularmente chamado de cérebro, mas de forma errônea, pois cérebro é apenas parte dele como veremos mais adiante, mas a partir daqui, já podemos chamar de encéfalo toda a parte do sistema nervoso que fica dentro do nosso crânio.



Algumas partes se dilataram mais do que outras. Como, por exemplo, o Metencéfalo, que cresce e vai formar o cerebelo, mesmo sem tanto espaço para crescer. E também o Telencéfalo, que cresceu enorme mente e vai formar o córtex, a área mais externa do cérebro humano. Todas as dilatações do sistema nervoso foram uma espécie de "expansão das instalações para melhor atendê-

los". Aquele processamento de informações passa a ser importante no desenvolvimento humano, passa a ser exuberante, faz com que haja necessidade de maior número de neurônios. 11ª região é assim, vai progressivamente ganhando espaço. A teoria evolutiva mais aceita hoje é a de que os espécimes que apresentam maior número de neurônios e, portanto, que apresentam estruturas maiores e com mais circunvoluções tiveram mais chances de sobreviver e impulsionaram a evolução nesse sentido.

Caso nada disso tivesse ocorrido, o sistema nervoso seria apenas um tubo -

como é a medula espinhal - com ramificações para cada parte do corpo. A encefalização e a complexificação do encéfalo acontece devido à necessidade de se ter um comando central para a coordenação das ações. Por exemplo, para a pressão arterial ser regulada, é preciso que um determinado comando seja dado

para o corpo todo, para todos os órgãos. Então, para que isso aconteça, há a necessidade de um coordenador: o encéfalo.

A "malha rodoviária" do sistema nervoso

O sistema nervoso é um sistema de processamento de informações. São informações pra lá e pra cá a todo momento, feito carros se deslocando em grande velocidade em autoestradas. Através do sistema nervoso, recebemos informações sobre o ambiente externo - por meio da visão, audição, tato, olfato, gustação - e também do ambiente interno, nosso interior - como dor, posição do corpo, pensamentos, emoções, memórias, informações das vísceras. Assim, selecionamos, processamos e combinamos as informações, produzindo respostas a partir delas. Ou seja, o sistema nervoso recebe sinais do ambiente, de todas as partes do nosso corpo e dá uma resposta aos estímulos recebidos, produzindo uma ação, um movimento, um comportamento.

Uma característica muito importante do sistema nervoso é a velocidade de transmissão das informações e, assim como entre as autoestradas, há vias mais rápidas e vias mais lentas (voltaremos a esse assunto mais adiante). Ter um sistema nervoso significa diminuir muito o tempo de reação a um estímulo e aumentar as chances de sobrevivência de um ser vivo. Por exemplo, se toco minha mão em uma fonte de calor como a chama de um fogão, meu sistema nervoso responde rapidamente, eu a retiro e tenho menos chances de lesões. Se vejo um predador ou um carro vindo na minha direção, meu sistema nervoso responde me dando o alerta e tenho mais chances de fugir ou reagir rapidamente.

Graças ao sistema nervoso, os estímulos recebidos são decodificados e provocam respostas quase instantâneas.

Outra característica importante do sistema nervoso é a sua distribuição bastante abrangente por todo o corpo, feito uma extensa e farta malha rodoviária.

É muito comum que, ao falar em sistema nervoso, pense-se somente no encéfalo (ou como se diz popularmente no cérebro). As pessoas costumam se esquecer de que o encéfalo é a central de comando de uma rede bastante complexa que se espalha por todo o corpo, da cabeça ao dedão do pé, e que sem essa rede o encéfalo não seria essa potência, aliás, nem teria a função. Ele não receberia informações do ambiente, nem teria como atuar sobre ele. Por isso, faz-se necessário ressaltar a importância da rede nervosa. Salvo raríssimas exceções, todas as partes do corpo de animais vertebrados possuem inervações, isto é, recebem neurônios capazes de captar informações do ambiente. Cada centímetro da superfície corporal pode detectar temperatura, toque, lesão, pressão e até

mesmo vibrações.

Vale lembrar ainda que todas as partes do corpo dos vertebrados são móveis, em maior ou menor grau, e isso SÓ é possível porque há neurônios para detectar esses estímulos do ambiente e outros para responder a eles provocando a contração de células musculares. Essa distribuição abrangente do sistema por todo o nosso corpo permite, por exemplo, que haja uma integração muito eficiente entre nossos pés e mãos enquanto caminhamos ou da nossa língua e lábios enquanto falamos.

Mas é preciso deixar claro: essa integração só é realmente possível por causa de uma terceira característica do sistema nervoso: o processamento central.

Durante o processo evolutivo dos seres vivos, algumas informações eram recebidas em um dado ponto da superfície corporal e precisavam provocar respostas em outros pontos do corpo, para isso, foram sendo estruturadas em um sistema para que houvesse coordenação entre elas. Para entender isso melhor, vejamos um animal que foi muito usado experimentalmente nos laboratórios de um dos mais importantes neurocientistas do nosso tempo, o austríaco naturalizado norte-americano Eric Kandel. A *Aplysia* é um invertebrado bastante simples, uma lesma do mar. Ao sofrer um estímulo em uma parte vulnerável do seu corpo chamada sifão, ela responde rapidamente retraíndo as brânquias e encolhendo-se, como forma de obter proteção. Quando é estimulada pela segunda vez no sifão, a retração das brânquias é ainda mais forte e, caso se repita mais vezes, essa resposta forte fica por cerca de três a quatro dias na memória do animal. A rapidez de resposta da *Aplysia* e a força da retração só acontecem graças à atuação do sistema nervoso.

Assim, o sistema nervoso foi se desenvolvendo até chegarmos ao que temos hoje, onde essas informações são levadas das várias partes do corpo até um ponto central do sistema e ali influenciam a atividade de outros neurônios que provocam a contração dos músculos, gerando movimento e ação.

É preciso deixar claro que o neurônio que recebe a informação do toque no sifão não é o mesmo que irá provocar a resposta contrátil da brânquia. São necessários ao menos dois neurônios diferentes para que essa simples resposta ocorra. Um neurônio sensorial (receptor) detecta o estímulo do meio e leva essa informação até porções centrais do sistema para ativar um neurônio efetor, que provocará a ativação do músculo e o movimento. É como se tivéssemos estradas só de ida -

para levar a informação - e estradas só de volta - para provocar o movimento: não há vias de mão dupla no sistema nervoso.

As porções centrais do sistema recebem um nome bastante sugestivo: sistema nervoso central. Lá, os neurônios que receberam os estímulos de todas as partes do corpo (as estradas de ida) se encontram com os neurônios que irão provocar as respostas contrateis por todas as partes do corpo (as estradas de volta). O

sistema nervoso central é feito a praça matriz de uma pequena cidade, onde todas as ruas convergem para ela, chegando muitos carros de diferentes regiões, e é ali que ocorre o espetáculo: nesse ponto as informações de diferentes partes do corpo vão convergir, são processadas simultaneamente e podem provocar respostas diferentes daquelas esperadas se houvesse apenas um desses estímulos.

Veja só um exemplo: quando alguém encosta um gelo no seu dedo indicador.

Pense em como será sua reação em três situações distintas: na primeira, você está vendo o gelo se aproximando da sua mão. Na segunda, você não está vendo o gelo, mas é avisado de que ele será encostado no seu indicador em um segundo. Na terceira, o gelo é encostado sem que você veja ou tenha qualquer informação a respeito. Como será a sua reação nessas três situações? Seja qual for, uma coisa é certa: ela será diferente para cada uma das situações e a razão dessa distinção decorre justamente do fato de que as informações que estavam disponíveis para o seu sistema nervoso central e que foram processadas por ele eram diferentes em cada caso.

Saber que o gelo será encostado no seu dedo ou ver o gelo chegando preparam uma reação distinta daquela proporcionada apenas pelo contato súbito do gelo com o dedo. E essa mudança na resposta é fruto da interação de várias informações que chegam por uma rede de neurônios - por exemplo o estímulo visual de ver o gelo chegando ou o auditivo de ouvir que ele chegará, mais o tátil de encostar o gelo no dedo - e que, obedecendo aos comandos de um neurônio que sai do seu sistema nervoso central, acabará por influenciar o comportamento do músculo do seu dedo indicador.

Em outras palavras, as informações trazidas de todo o corpo ao sistema nervoso central pelos neurônios sensoriais fornecem dados que são processados pelo sistema nervoso central, integrados e geram a melhor resposta possível para aquela situação.

É aí que surge a quarta característica fundamental do sistema nervoso: a capacidade de modificar e construir novos circuitos de neurônios para aprimorar respostas a partir dos resultados obtidos: aprender! Essa é a mais importante função do sistema nervoso, que permitiu um avanço assustador na complexidade dos organismos, em especial, dos mamíferos e, mais ainda, do cérebro humano.

Essa característica impressionante do sistema nervoso foi brilhante mente investigada nos experimentos de Eric Kandel. Em seus estudos, ele mostra como *Aplysia* usa seu sistema nervoso para poder se defender de agressões que sofre no ambiente, soltando tinta. O mais interessante, no entanto, é perceber que mesmo o sistema nervoso desse animal bem simples e primitivo pode aprender.

E, mais ainda, o quanto esse aprendizado é significativo para sua sobrevivência.

O sistema nervoso é fundamental para modificar a classificação de estímulos

inócuos (que não eram vistos como nenhum perigo pelo animal) para estímulos nocivos. Isso acontece apenas porque esses estímulos, antes desprezíveis, foram feitos no animal ao mesmo tempo em que era dado outro estímulo já classificado como nocivo pela *Aplysia* e que provocava ejeção de tinta. Os pesquisadores puderam acompanhar o processo de aprendizagem que correspondia à formação de contato e conexão entre dois neurônios, Mas não dois neurônios quaisquer.

Para que esse aprendizado ocorresse, o neurônio ativado pelo estímulo nocivo precisaria se conectar ao neurônio ativado pelo estímulo inócuo. Assim, quando o estímulo inócuo ocorresse, ele seria capaz de ativar o neurônio do estímulo nocivo e provocar a resposta de tinta preta na água.

Outras formas de aprendizagem foram estudadas nesse sistema simples da *Aplysia*, como o que já citamos anteriormente em que a *Aplysia* recebe um pequeno choque no sifão e, a partir de então, quando recebe novo estímulo tem uma resposta mais exacerbada do que da primeira vez, contraindo as brânquias e encolhendo-se, efeito que, se for repetido, pode durar dias, É como se a detecção de estímulos agressivos no ambiente (o choque) deixasse o sistema numa espécie de alerta, provocando respostas mais fortes dali em diante, Esse fenômeno é chamado de sensibilização. Por outro lado, também foi demonstrado no laboratório de Kandel que a *Aplysia* pode aprender quando um estímulo é dado repetidamente e não causa nenhum dano. Sendo assim, ela passa a ignorar tal estímulo, fenômeno chamado de habituação.

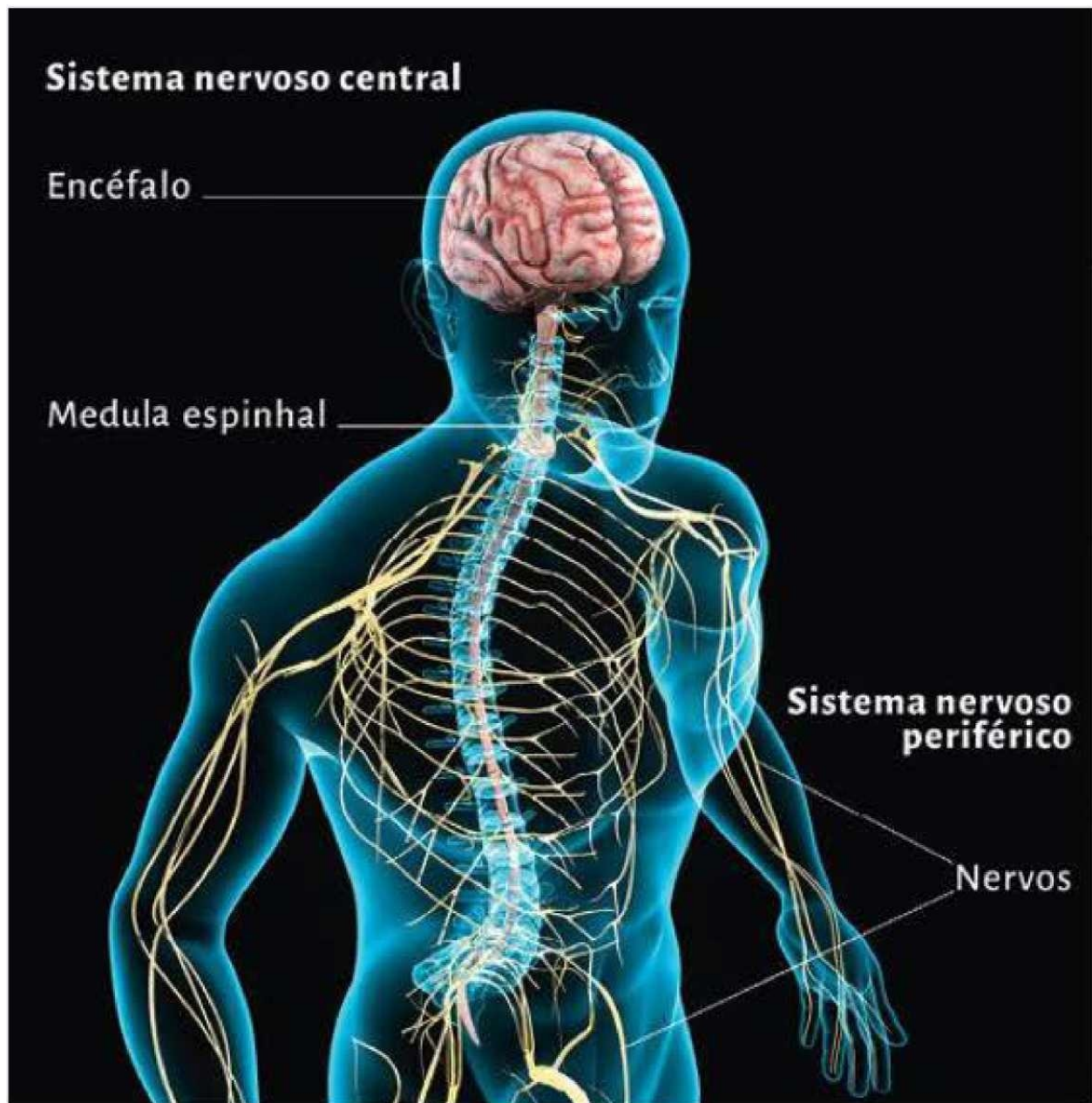
Enfim, se mesmo os mais simples sistemas nervosos presentes nas mais simples formas de vida são capazes de aprender, imagine o potencial do tal do ser humano! Falaremos sobre isso mais adiante, mas, por hora, cabe enfatizar que o processamento centralizado de informações recebidas de vários lugares diferentes e a capacidade de aprendizado a partir desses estímulos resultam em modificações funcionais e estruturais do sistema que acontecem ao longo de toda vida. O ser humano, graças ao seu sistema nervoso, é extremamente adaptável e aprende sempre.

O mapa da mina: localizando o sistema nervoso

Recorda-se que dissemos anteriormente que muitas pessoas, quando falam em sistema nervoso, pensam apenas no cérebro e na sua atuação, e que, de fato, é preciso levar em conta toda a complexa rede nervosa para compreendê-lo e enxergar sua potencialidade? O sistema nervoso apresenta várias partes com funções distintas e, então, para começar, vamos localizá-las para que consiga entender melhor.

O sistema nervoso subdivide-se em Sistema Nervoso Central (SNC) e Sistema Nervoso Periférico (SNP). O primeiro envolve o encéfalo, que fica totalmente dentro do crânio, e a medula espinhal (ou espinal), que fica no canal formado pela coluna vertebral. Observe que o que caracteriza o Sistema Nervoso Central é justamente ser formado por neurônios - células nervosas - que estão sob uma proteção óssea, no caso, crânio e coluna vertebral.

Já o Sistema Nervoso Periférico constitui-se principalmente de nervos, que percorrem todo o nosso corpo em feixes. Os nervos são agrupamentos de milhares de neurônios responsáveis por trazer informações do ambiente ou de áreas internas do corpo para o sistema nervoso central ou levar informações aos músculos para provocar uma ação.



Sistema nervoso central e periférico.

O Sistema Nervoso Periférico subdivide-se em Somático e Motor Visceral. O Sistema Nervoso Periférico Somático é composto por neurônios sensoriais - que captam informações do ambiente externo pelos órgãos dos sentidos ou das nossas vísceras - e por neurônios motores - que atuam ativando músculos e articulações sob controle voluntário, ou seja, gerando ações motoras que conseguimos controlar. Em resumo, o sistema nervoso somático age no controle de movimentos voluntários e na percepção de estímulos externos e internos.

Já o Sistema Nervoso Periférico Motor Visceral, também é chamado de involuntário,

vegetativo,

autônomo

ou

sistema

nervoso

simpático/

parassimpático, cuida das funções motoras involuntárias do sistema nervoso, os movimentos sobre os quais não temos controle, atuando na regulação da pressão arterial, secreção das glândulas e controle da musculatura lisa (involuntária), que comanda a contração e o relaxamento das paredes dos órgãos, a digestão, a respiração, os batimentos cardíacos, por exemplo.

As partes do Sistema Nervoso Central

O Sistema Nervoso Central inclui a Medula Espinhal e o Encéfalo, como já dito, todas as estruturas desse sistema que se alojam dentro de estruturas ósseas.

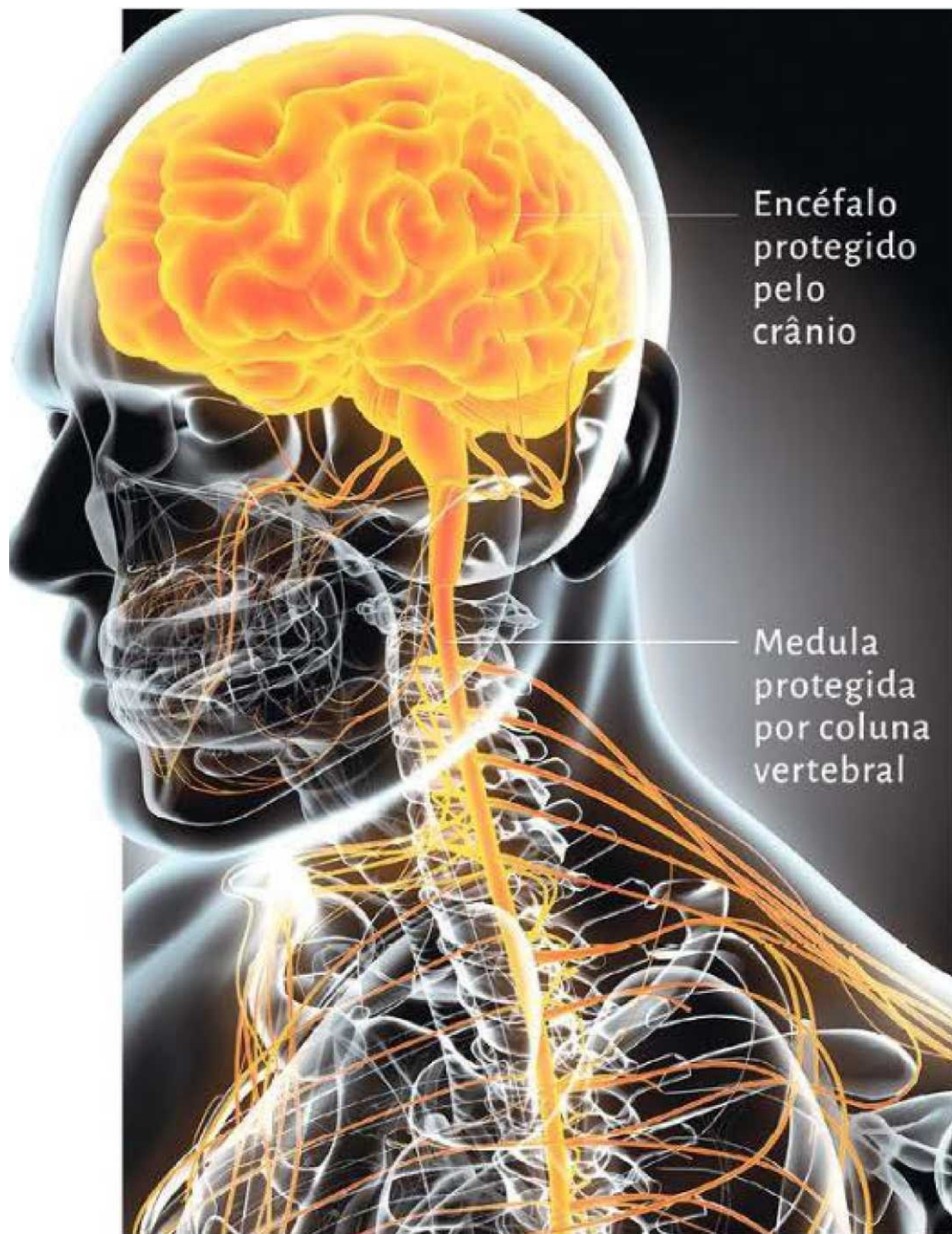
O Encéfalo - toda estrutura neural que fica dentro do crânio - é inadequadamente chamado de cérebro. Esse termo é incorreto, pois o cérebro se constitui em apenas uma parte do encéfalo. O encéfalo se divide basicamente em três partes: o Tronco encefálico, o Cerebelo e o Cérebro propriamente dito - que é a região mais nova e evoluída do encéfalo.

O cérebro., que fica no topo da nossa cabeça, praticamente ocupando toda a região acima dos olhos, subdivide-se em Telencéfalo e Diencefalo. Já o Tronco encefálico, subdivide-se em Mesencéfalo, Metencéfalo (ou Ponte) e Mielencéfalo (ou Bulbo) - regiões que estudaremos posteriormente.

Se tivermos uma visão superior do cérebro (visão dorsal), podemos observar como ele encobre as outras áreas e também como se divide em dois hemisférios -

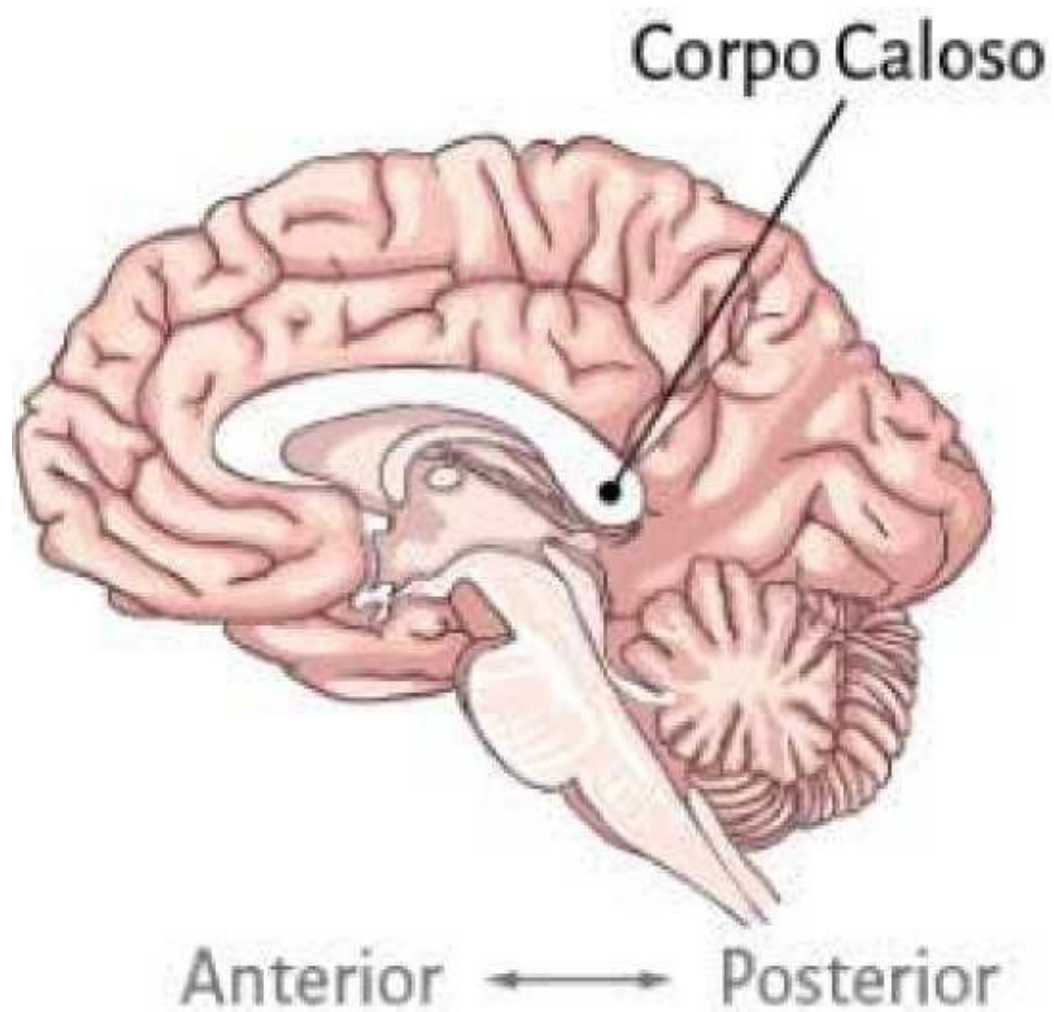
o direito e o esquerdo - separados pela fissura longitudinal ou sagital, Mas é importante verificar que os dois hemisférios não são to tal mente separados, têm uma região que faz a conexão entre eles que é chamada de Corpo caloso e pode ser vista na imagem com vários ângulos do encéfalo (abaixo). Seria como se pegássemos unia faca e cortássemos uma azeitona longitudinalmente. Quando a faca entra, divide a parte superior da azeitona em duas partes, mas para no

caroço, que mantém a unidade dela. A fissura longitudinal seria como esse corte na azeitona, que separa uma parte, mas não totalmente.



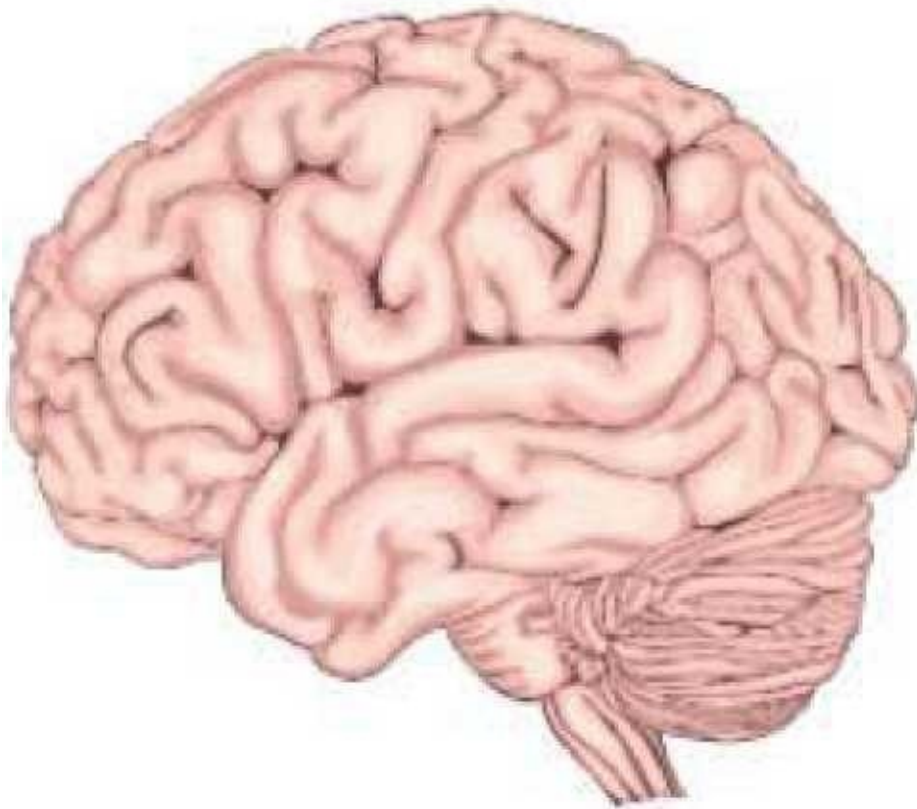
Encéfalo
protegido
pelo
crânio

Medula
protegida
por coluna
vertebral

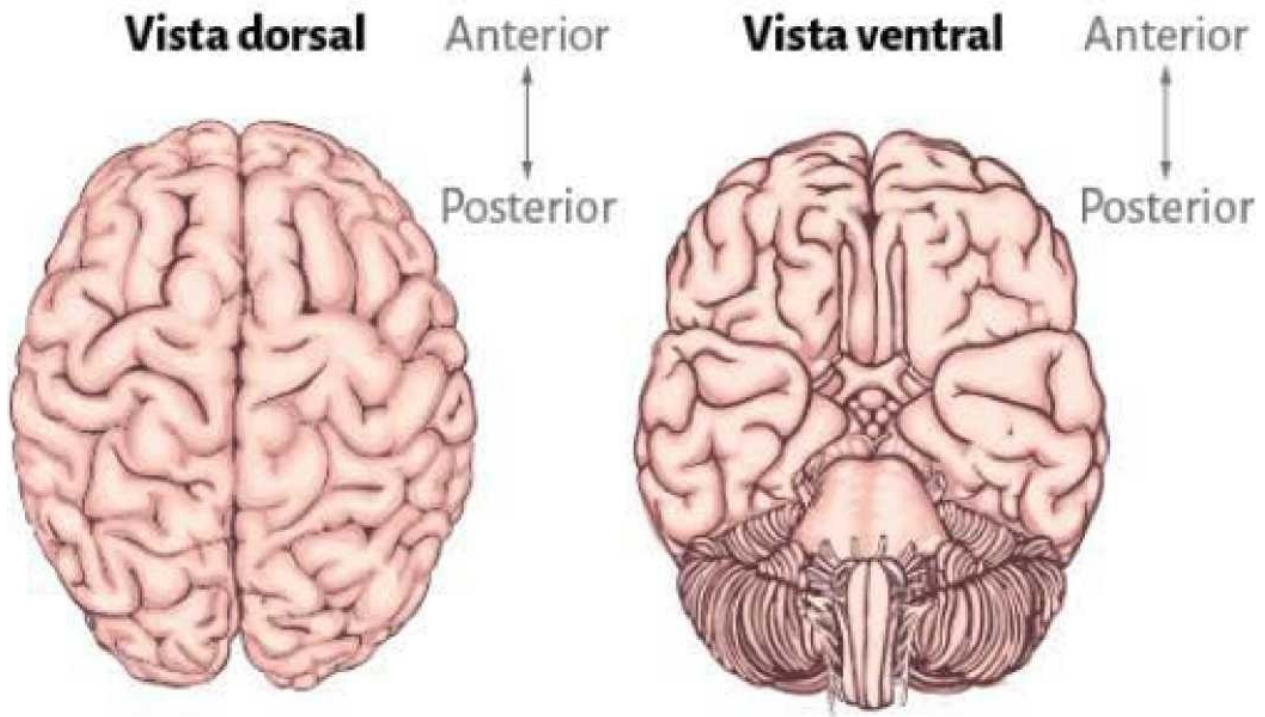


Encéfalo e medula tem proteção óssea.

Vista lateral



Anterior ↔ Posterior



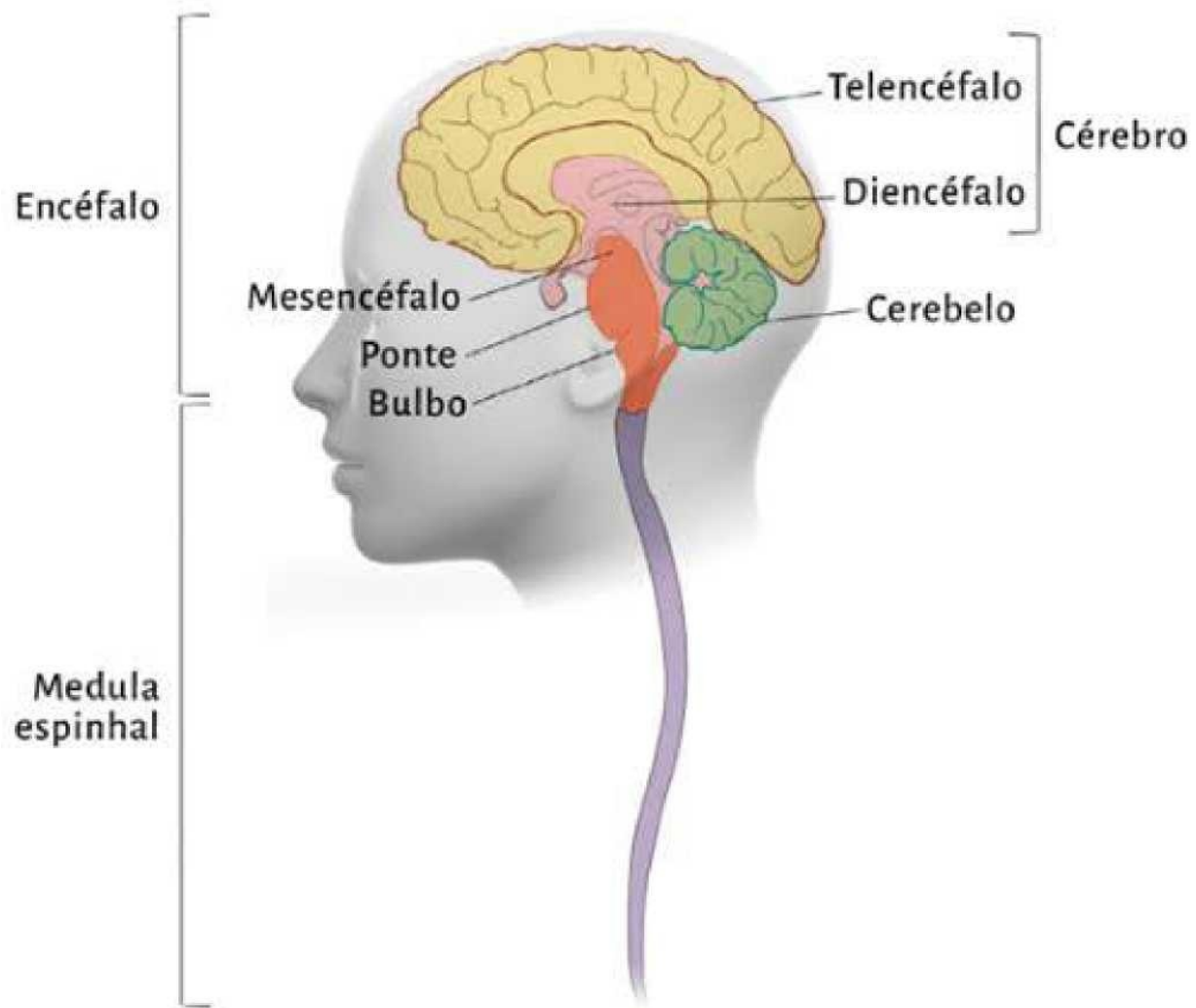
Vários ângulos do encéfalo.

Ao observarmos o encéfalo por baixo (visão ventral), conseguimos ver o Tronco encefálico e o Cerebelo. O Cerebelo - que do latim significa cérebro pequeno -

apesar de ser bem menor do que o cérebro é um Importante processador de informações e fundamental no controle dos movimentos corporais.

O Tronco encefálico regula funções vitais do corpo humano, como

frequência cardíaca, respiração, controle da temperatura corporal, além de fazer a conexão entre o cérebro e a medula espinhal já que as fibras que ligam essas regiões passam por ele. O Metencéfalo (ou Ponte), que faz parte do Tronco encefálico, é composto de forma muito expressiva de neurônios que conectam o cerebelo ao resto do sistema nervoso. Embora o Tronco encefálico seja a região mais antiga e primitiva do encéfalo em termos evolutivos, bem anterior ao surgimento do cérebro, ele é fundamental para a manutenção da vida. Lesões nessa região encefálica costumam ser fatais, diferentemente das lesões no cérebro e cerebelo em que há chances de sobrevivência dependendo das proporções das mesmas.

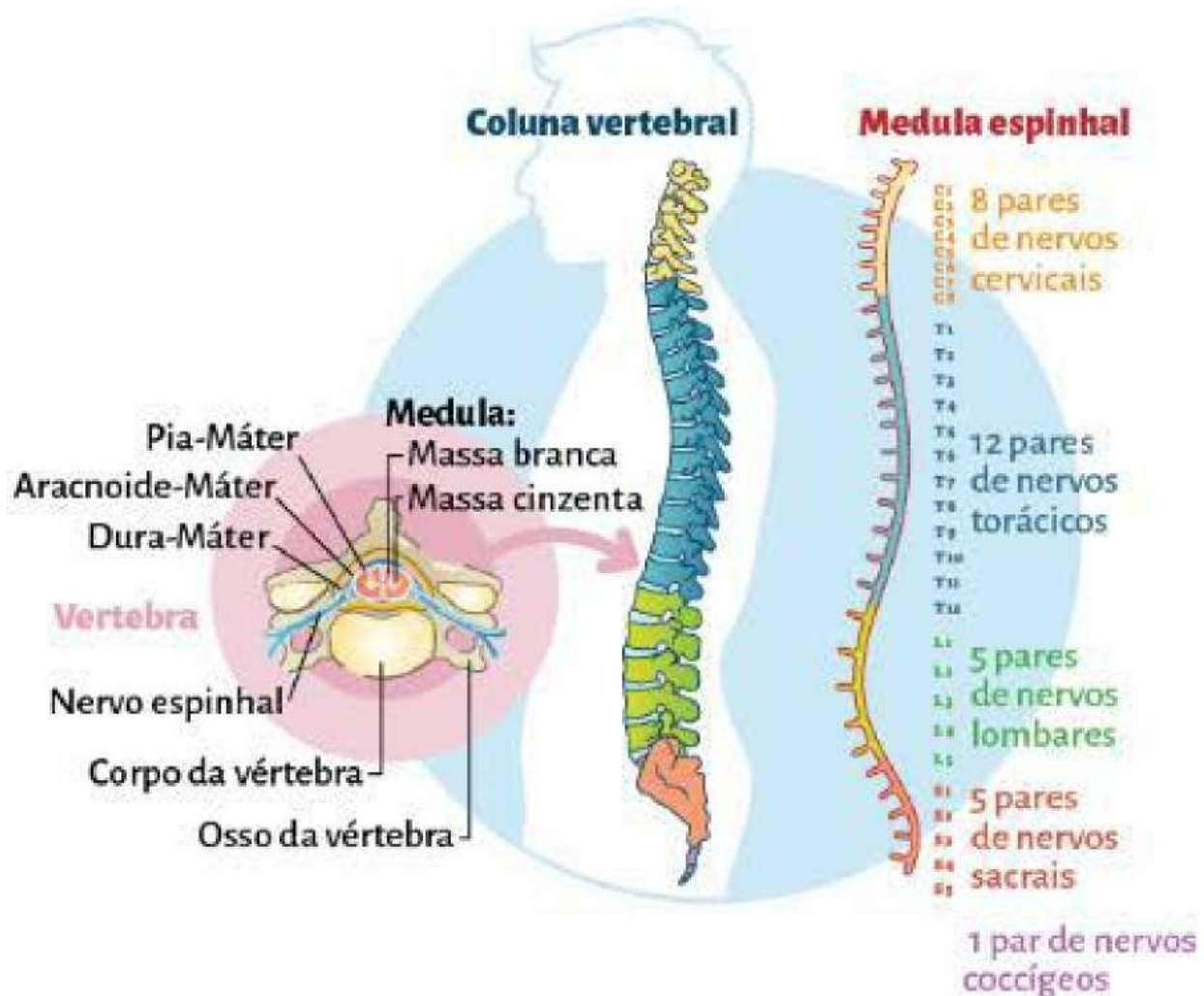


Partes do encéfalo.

A medula espinhal é um tubo neural fininho - da espessura de um dedo mínimo -

que corre por dentro da coluna vertebral que é uma estrutura óssea, que sustenta o tronco e o pescoço, deixando o corpo no eixo. Tal estrutura óssea não é uma única e rígida, mas sim constituída de vértebras que lhe dão mobilidade e por cujos orifícios saem as raízes dos nervos que ficam acopladas à medula. A medula se comunica com o corpo através de 31 pares de nervos espinhais, que saem pelos espaços existentes entre as vértebras. Cada nervo liga-se à medula por dois conjuntos de fibras nervosas, denominadas raízes do nervo. Essas raízes saem em pares, sendo que as raízes dorsais são as que trazem as informações do corpo para a medula - como, por exemplo, quando você encosta o dedo em uma panela e sente que está quente - e as raízes ventrais são as que saem da medula

para avisar ao músculo que se movimenta para retirar sua mão da panela. Além dos pares de nervos espinhais (ou raquidianos), também temos 12 pares de nervos cranianos, que conectam o encéfalo a órgãos dos sentidos e a músculos, principalmente da região da cabeça.



Medula espinhal

Um corte ou lesão na medula espinhal resulta em falta de sensibilidade e paralisia dos músculos das regiões abaixo do corte, pois interrompe-se a comunicação com o encéfalo que pode controlá-los. Os músculos continuam funcionando, mas não recebem sinal para ativação e, por isso, acabam se atrofiando. Toda informação que provém do corpo passa pela medula para ir até o encéfalo e também as “solicitações” do cérebro para movimentar o corpo passam pela medula para chegar até os músculos. A medula espinhal é uma estrada de alto tráfego de informações.

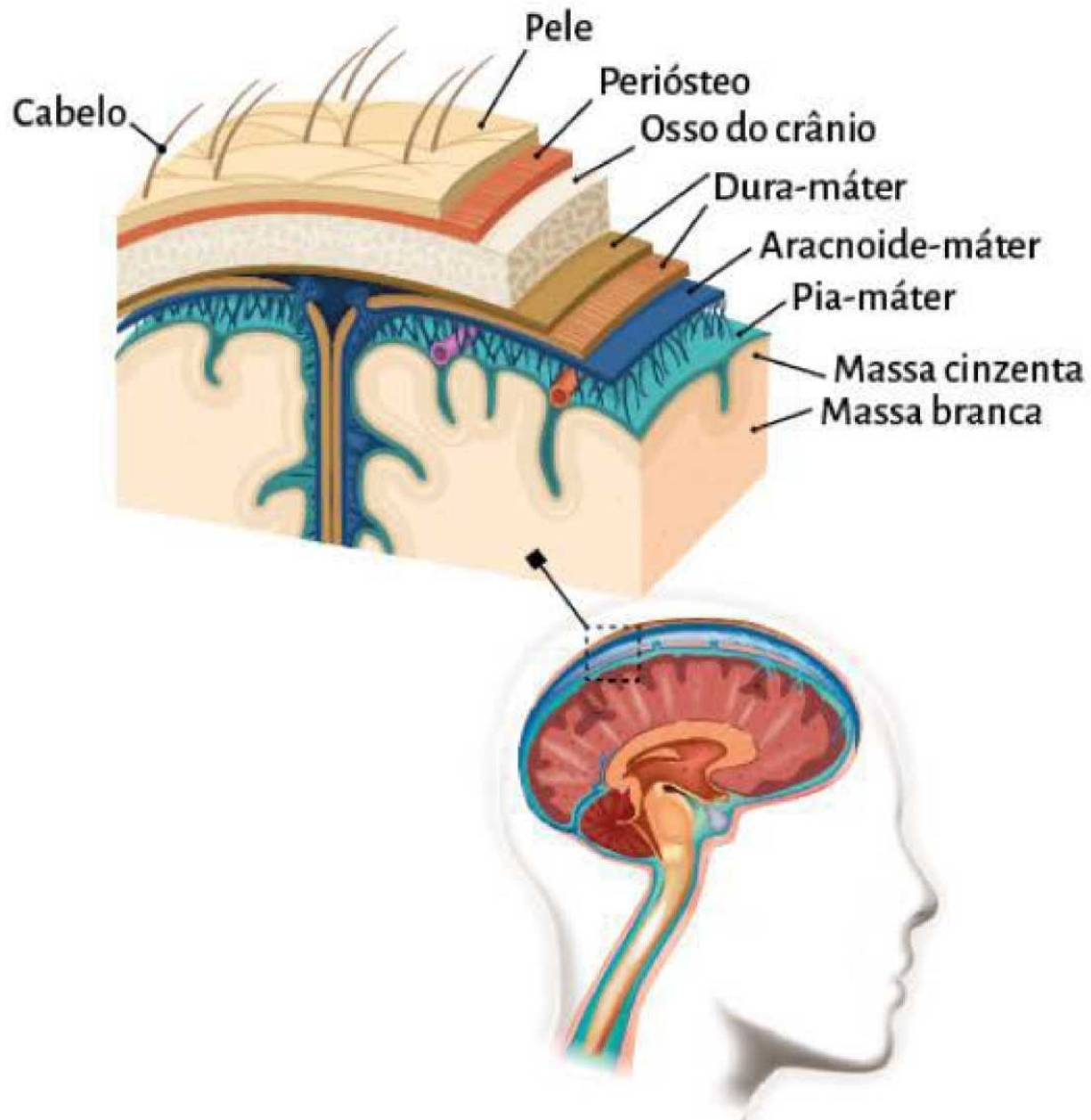
As Meninges e os Ventrículos

Para proteger o Sistema Nervoso Central, temos as estruturas do crânio - para o encéfalo - e a coluna vertebral - para a medula espinal. Mas não é só. Essas estruturas neurais não ficam em contato direto com o osso. O cérebro e a medula são muito bem encapados por três membranas, chamadas de Meninges (que, do grego, significa membrana). A primeira, colada no cérebro e na medula, aderindo bem à superfície deles, é uma camada bem fininha chamada Pia-máter, que se assemelha a um filme plástico de embalar alimentos. É ela quem faz o mole e delicado tecido nervoso ficar coeso.

Em volta da Pia-máter, temos a chamada Aracnoide-máter, que tem esse nome por se assemelhar a uma teia de aranha. A Aracnoide se parece com uma espécie daquele plástico bolha no qual embalamos objetos para não quebrar; mas que, em vez de ar, tem líquido - o líquido cefalorraquidiano ou cerebrospinal, também conhecido com Liquor; que é clarinho, salgado e ajuda na proteção mecânica de todo o encéfalo e também da medula, formando uma espécie de amortecedor. Qualquer pressão ou choque que se exerça em qualquer ponto desse "acolchoado líquido" será distribuída igualmente por todos os pontos diminuindo o impacto e a possibilidade de traumas. E a terceira camada é a Dura-máter, a mais dura e resistente delas, que se assemelha a um papelão ou couro, \osso encéfalo está muito bem embalado.

Como curiosidade, vale ressaltar que o cérebro em si e o encéfalo não têm receptores de dor - preste atenção à sua cabeça como há a sensação de vazio dentro dela, isso ocorre justamente por não termos receptores de dor ou sensibilidade no encéfalo. Mas nas meninges, esses envoltórios do encéfalo, nós temos muita sensibilidade à dor, são elas quem avisam se houve uma lesão na cabeça. Mas e a dor de cabeça? Quando temos dores de cabeça, não é o cérebro

doendo, mas sim as estruturas que ficam bem próximas a ele, como as meninges, os ossos, os vasos sanguíneos ou a musculatura da cabeça e do pescoço.

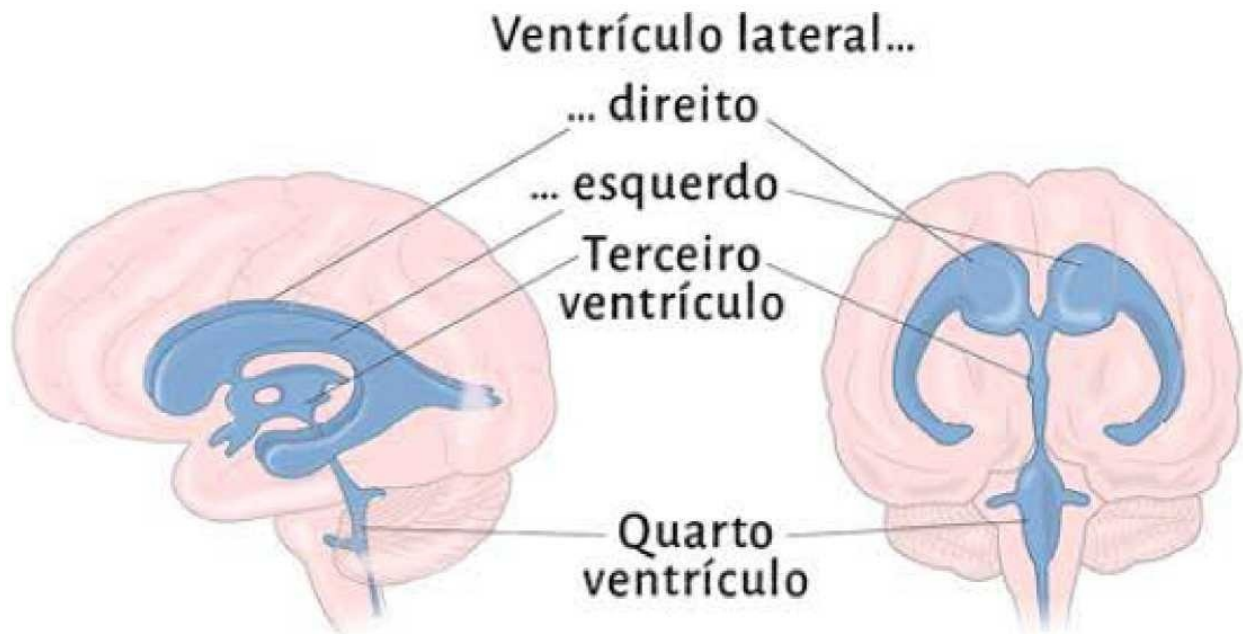


Meninges: pia-máter, aracnoide-máter, dura-máter, fazendo a proteção do encéfalo.

No encéfalo ainda temos 4 ventrículos cerebrais, que são cavidades ou

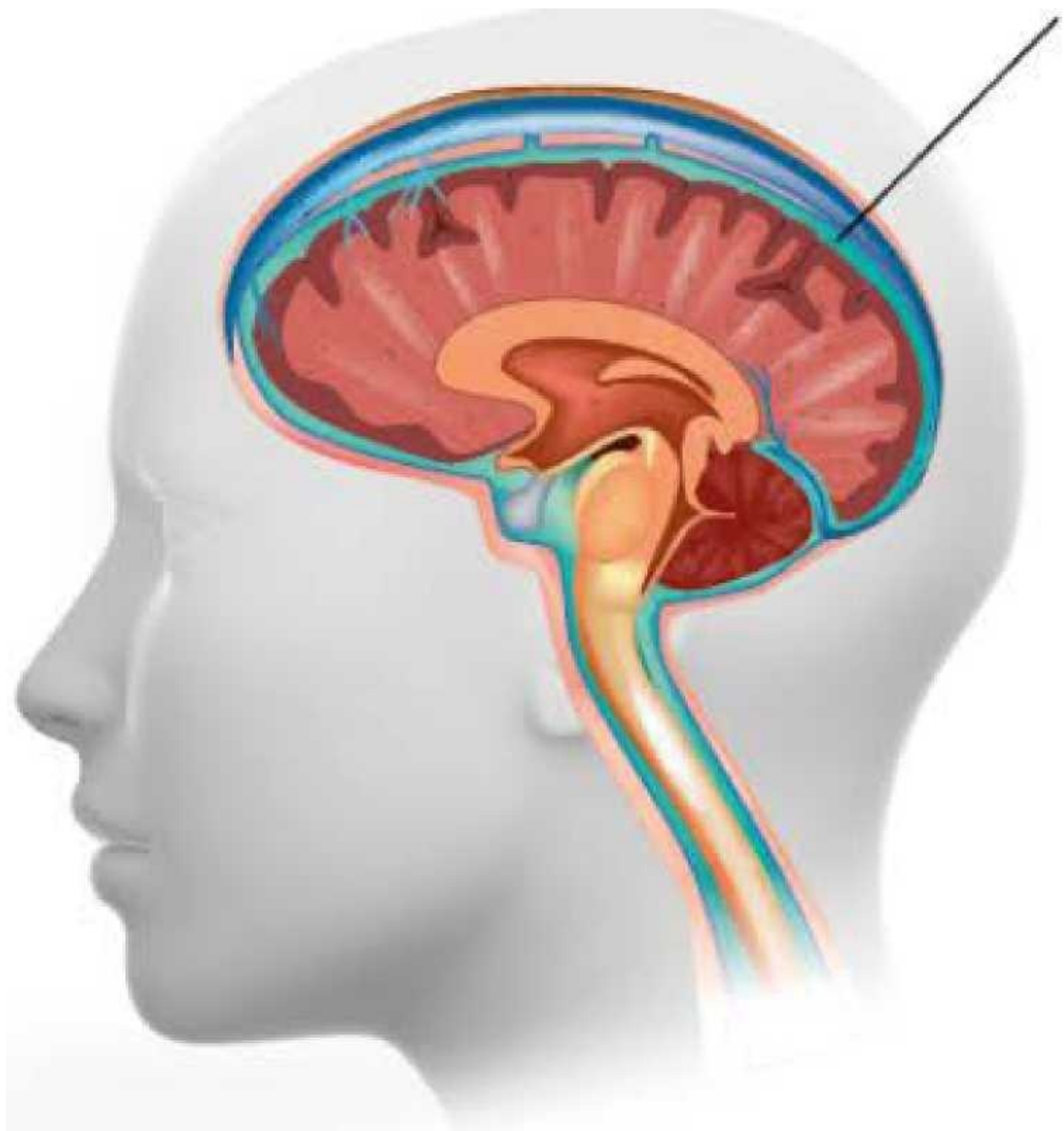
"buracos" no cérebro preenchidos com líquido cefalorraquidiano, produzido por eles num tecido chamado plexo coroado. Temos um ventrículo em cada um dos hemisférios cerebrais, os chamados ventrículos laterais, que não têm comunicação entre si, mas têm uma pequena abertura, que é o forame

interventricular, que estabelece a ligação com o terceiro ventrículo, O terceiro ventrículo fica no diencéfalo e tem ligação com o aqueduto cerebral que leva ao quarto ventrículo no rombencéfalo, na parte posterior do tronco cerebral, que tem forma de losango e é a continuação do canal central da medula espinhal.



Ventrículos cerebrais.

O líquido cefalorraquidiano ou liquor percorre grande parte do sistema nervoso central seja nos ventrículos ou abaixo da aracnoide-máter, que contorna todo o sistema nervoso central. A principal função do sistema ventricular é a proteção do cérebro, fornecendo amortecimento e minimizando impactos de traumas na cabeça. Além disso, o liquor transporta hormônios para várias partes do sistema nervoso e drena substâncias nocivas como drogas e toxinas, colocando-as para fora do cérebro. Em um adulto, a produção de líquido cefalorraquidiano é de cerca de 500 ml/dia, sendo que todo o líquido dos ventrículos é trocado de três a quatro vezes por dia.



Caminho do líquido cefalorraquidiano.

Agora que já localizamos as principais estruturas do sistema nervoso, antes de nos debruçarmos mais profundamente sobre qual a importância e o papel de cada uma de suas partes, precisamos falar sobre a menor partícula dele, a célula que constitui todas essas partes: o famoso neurônio!

Capítulo 3

A atração principal da viagem: o neurônio

Andiamo, andiamo, que tem atração pela frente! Sabe aquele lugar top de uma viagem, o ponto turístico principal que você não pode deixar de conhecer? Feito ir a Roma e não ver o Coliseu, ao Rio e perder o Corcovado, à China e não visitar a Muralha, ao Peru e descartar Machu Picchu, à Grécia e não passar por Santorini... Enfim... Estudar o sistema nervoso e não conhecer o neurônio é bem pior do que ir a Paris e não conhecer a Torre Eiffel, talvez seja como ir à França e não ver franceses, já que os neurônios são as estruturas formadoras do sistema, suas unidades funcionais. Portanto, *andiamo* que não dá pra entender o cérebro sem compreender o funcionamento dos neurônios.

Os neurônios são células especializadas em processar informação. Você deve se recordar que cada parte do nosso corpo tem células com características especiais para realizar suas funções. Por exemplo, o nosso coração é composto por alguns tipos celulares, mas a grande maioria das células cardíacas é muito parecida. Elas são células musculares que se contraem e distendem sincronicamente, provocando o batimento cardíaco e bombeando o sangue. Se você olhar bem de perto duas dessas células do coração, poderá verificar que elas são extremamente semelhantes entre si. E o mesmo ocorre com a maioria das células que compõem os órgãos e tecidos do nosso corpo.

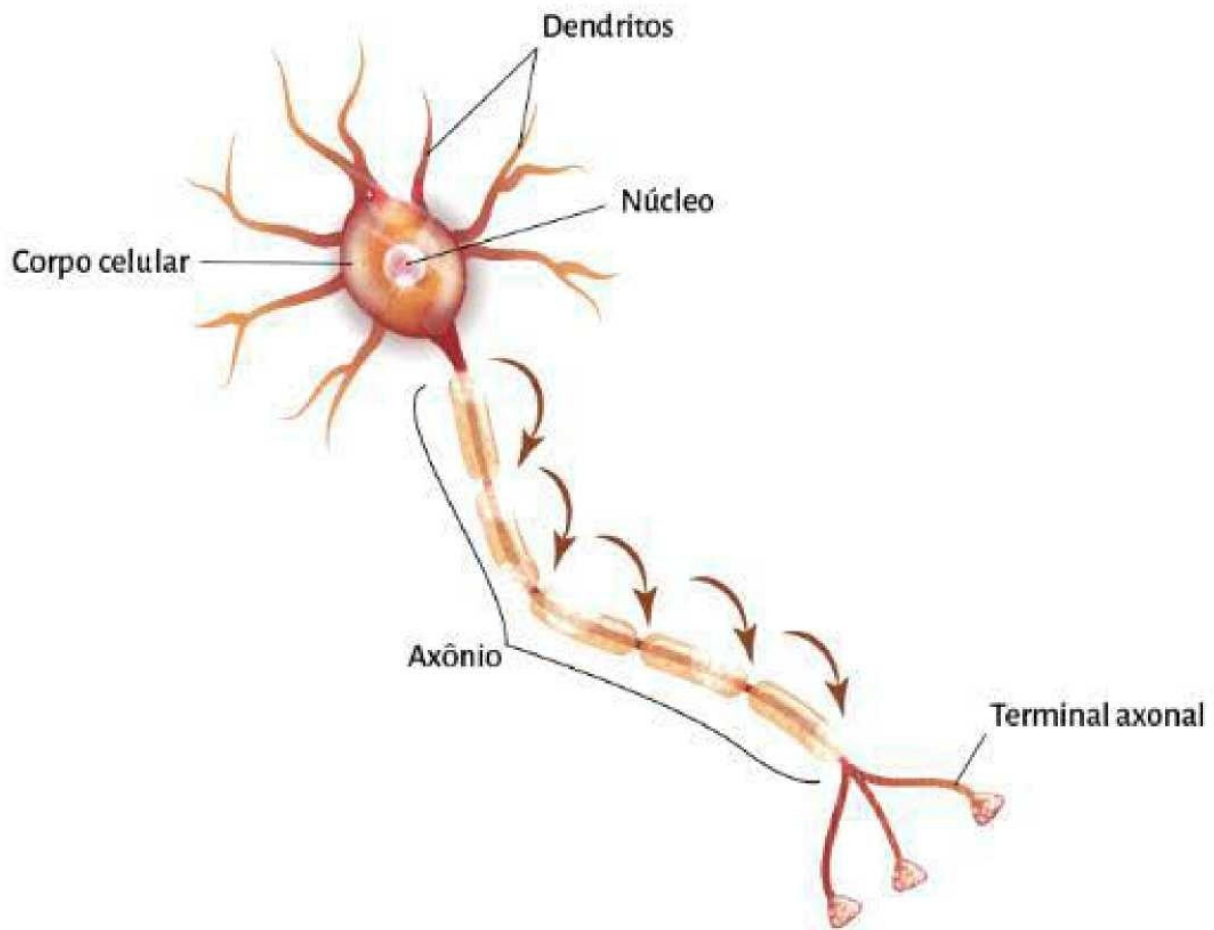
No sistema nervoso, isso também acontece, embora os neurônios possam ser extremamente diferentes entre si quando comparamos seus formatos e tamanhos, eles têm muitas semelhanças. Pense, por exemplo, quando você fala em

"cachorro", isso inclui os pequeninos de 15 centímetros, os enormes de 90 kg, os peludos, os de pouco pelo, os dóceis, os bravos, os ágeis, os vagarosos, os longilíneos, os atarracados, os de orelha caída ou em pé, os de focinho achatado ou empinado... Mas, mesmo com todas essas diferenças, quando você vê um deles, sabe que é um cachorro por suas características essenciais. O mesmo acontece com os neurônios, que têm grandes variações de tamanho e formato, mas também muitas características de constituição e funcionamento em comum. Embora nenhum deles possa ser visto a olho nu, há neurônios que são muito pequenos e seu comprimento precisa ser medido microscopicamente, mas também existem outros que, mesmo não sendo possível enxergá-los sem um microscópio, são células muito longas, podendo atingir quase o tamanho da altura de uma pessoa. Ou seja, alguns dos seus neurônios têm quase o mesmo tamanho que você, apenas alguns centímetros a menos. Pense, por exemplo, em

um neurônio responsável por trazer informações lá do seu dedão do pé até o seu tronco encefálico, que fica na região do alto da sua nuca. Esse neurônio terá apenas alguns centímetros a menos do que a sua altura.

Para muitos, esse fato é uma descoberta surpreendente, as pessoas costumam pensar que para a informação do dedão do pé chegar à cabeça teria um trajeto com muitos neurônios pequenos conectados, que passariam tal informação um a um, como uma carta que passa de mão em mão, Mas, de fato, não é isso o que acontece, Se fosse, essa informação demoraria bem mais tempo para chegar ao encéfalo (que comumente chamamos de cérebro), prejudicando a agilidade da resposta. Para que um estímulo tátil no dedão do seu pé - como quando sente algo tocar a ponta do seu dedo ou pisa num espinho - seja passado ao seu encéfalo e possa colaborar na organização de respostas adequadas a esse estímulo como retirar o pé, basta que um único neurônio seja estimulado. A informação é captada na porção receptora do neurônio lá na pontinha do seu dedo e percorre todo o comprimento desse longo neurônio até chegar ao tronco encefálico, onde, aí sim, já na cabeça, será passada adiante para outras regiões do encéfalo, Essa agilidade da informação é que faz com que você perceba um toque no seu pé de forma instantânea.

O neurônio pode ser dividido em dendritos, corpo celular e axônio, como mostra a imagem.



Representação de um neurônio padrão.

Os neurônios, embora tenham muitas variações, são células especializadas em transmissão e processamento de sinais e, por isso, são as unidades básicas funcionais do sistema nervoso. Alguns neurônios são receptores que transformam estímulos sensoriais em mensagens capazes de serem processadas pelo cérebro, outros conectam neurônios e outros estimulam músculos e glândulas. Atuando em conjunto, os neurônios permitem que um.

indivíduo se comporte de maneira bastante complexa, levando em consideração informações do ambiente externo e interno (dentro do corpo).

É possível perceber que os neurônios são células especializadas em transmissão e processamento de informação pela sua própria forma - sua morfologia - que apresenta muitas ramificações. Suas propriedades físicas os tornam capazes de gerar e conduzir correntes elétricas, como se fossem a bateria e os fios

condutores que energizam os componentes do seu carro e o fazem funcionar. E é preciso enfatizar que temos uma quantidade absurda dessas minibaterias e fios condutores de eletricidade dentro de nós. Cerca de 86 bilhões apenas no encéfalo humano.

Esse seria o esquema de um neurônio padrão, um neurônio bonito tipo 'capa de revista'. Seria quase como pegar a Gisele Bündchen como imagem ilustrativa para explicar o que é uma mulher. Embora existam as mais magras, as mais gordas, as mais baixas, as mais altas, as de pele mais clara ou mais escura, ela pode representar a categoria mulher. Essa ilustração seria o "neurônio Bündchen", que tem cada coisa em seu lugar para ficar mais didático, embora nem todos realmente se pareçam com ele.

Os neurônios possuem esse formato bem diferente do que vemos em outros órgãos e tecidos de seres vivos. Eles possuem uma região central, que chamamos de corpo, que é onde ficam os componentes celulares que permitem a manutenção da vida da célula. Aliás, diga-se de passagem, o neurônio é uma célula complicada de se manter viva, pois gasta muita energia, justamente por ser uma pequena bateria, geradora de corrente elétrica. Como precisa se nutrir o tempo todo com energia e usar tal energia da forma mais eficaz possível, o neurônio apresenta um tipo de metabolismo bastante eficiente: o metabolismo aeróbico. Isso significa que ele precisa de oxigênio, ou seja, necessita de sangue o tempo todo. É por isso que, quando nos abaixamos para pegar algo no chão ou brincar com uma criança e nos levantamos muito rápido, muitas vezes sentimos tontura, a vista escurece, temos a sensação de desmaio. Isso acontece porque, ao nos levantarmos, o fluxo sanguíneo no cérebro cai, os neurônios perdem energia

e param de funcionar. Essa queda mínima do fluxo de sangue já é suficiente para que funções de alta complexidade, como a consciência, sejam perdidas. O

sistema nervoso trabalha com esse nível altíssimo de instantaneidade: faltou energia, desligou imediatamente.

Muitos costumam dizer que estão com energia baixa no cérebro quando estão cansados ou com fome, mas na realidade isso não ocorre: o organismo sempre privilegia o cérebro e manda energia para ele custe o que custar, tirando-a de outras regiões. Não dá pra dizer eu não consigo me concentrar porque acabou a energia do meu cérebro, isso não procede. Você pode não conseguir se concentrar porque usou muito tempo as áreas neuronais responsáveis pela

concentração e, do ponto de vista metabólico, esses neurônios estão precisando se refazer. E não vai adiantar você comer para recuperar a energia, mas sim parar e fazer outra coisa. não é a energia do cérebro que acabou, na verdade, o neurônio precisa se recompor quimicamente para voltar a funcionar.

Mas voltando ao neurônio, mais especificamente ao corpo do neurônio, também chamado de soma, é ali que se encontram o núcleo e o citoplasma com toda a maquinaria da célula responsável pela produção de proteínas que são fundamentais para o funcionamento celular e também para a produção de energia que sustenta as atividades de um neurônio.

Assim como na maioria das células, no núcleo é onde fica o código genético do neurônio, que serve para ele se restaurar; replicar; fornecer o código para a produção de proteínas, entre outras funções. Se o corpo do neurônio for afetado, ele morre.

Além do corpo celular, os neurônios têm dendritos e axônios. Os dendritos são ramificações que saem do corpo celular e, na maioria das vezes, são os prolongamentos mais curtos, menores. Eles recebem esse nome porque *dendro* significa ramificação ou árvore e o sufixo *ito* é um diminutivo, daí o significado de pequenas ramificações. Esse nome faz jus ao aspecto comum que vemos na maioria dos neurônios de uma pequena arborização e que compõem a região receptora dele, ou seja, o local por onde recebe informação. Os dendritos são como pequenas antenas que recebem os sinais de outros neurônios que podem estar vindo de longas distâncias do corpo ou de um neurônio vizinho - e os levam até o corpo neuronal. A quantidade de dendritos de um neurônio é extremamente variável, temos desde uma pequena quantidade de neurônios que não apresenta nenhum dendrito até aqueles que têm uma farta e complexa estrutura de dendritos, bem arborizada, como veremos mais adiante.

Já o axônio é, normalmente, a mais longa ramificação do neurônio é aquele que se parece com um rabinho, uma cauda de girino. Seu nome deriva de "Axis", que quer dizer eixo e, quando os cientistas viram o axônio pela primeira vez,

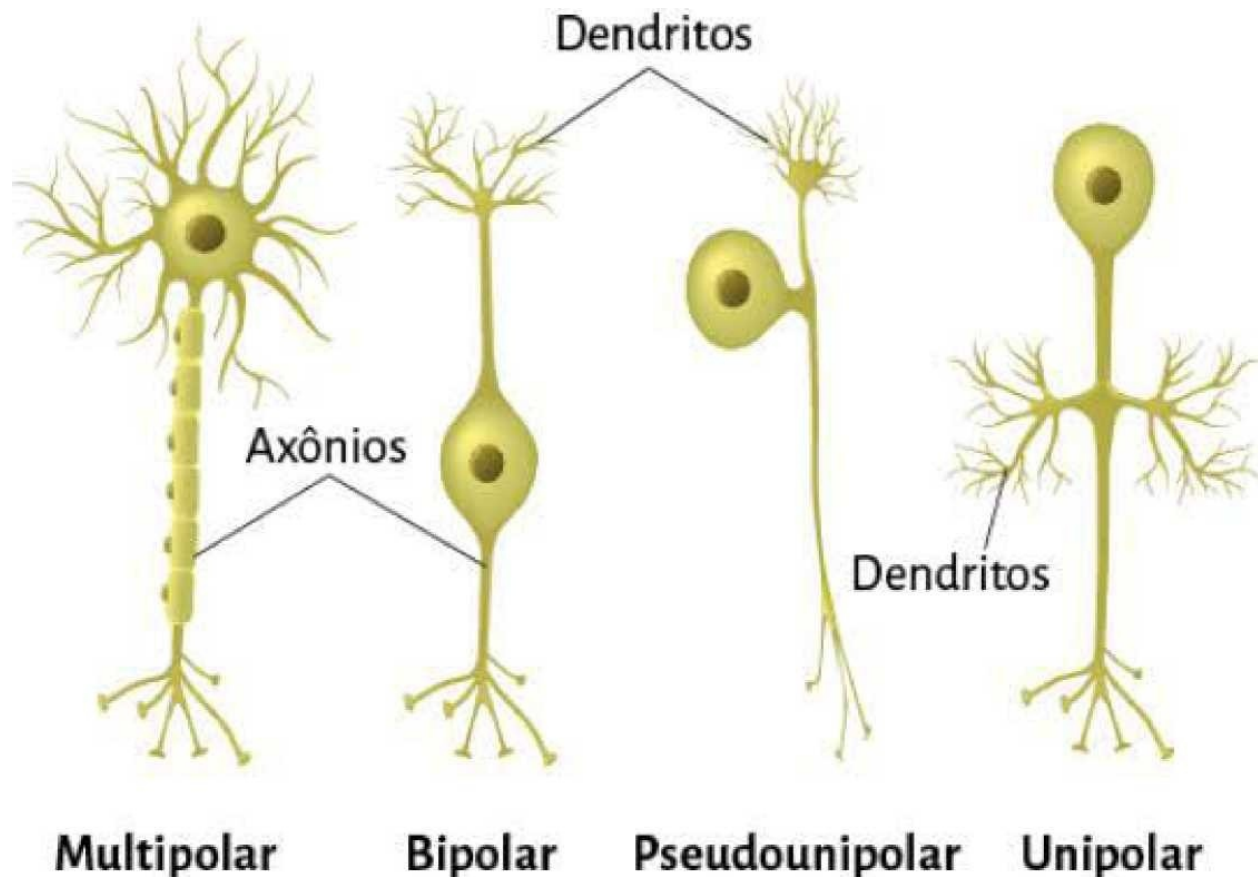
pensaram que ele parecia suportar e estruturar o neurônio, mas não, Na verdade, a função do axônio é conduzir a informação do corpo neuronal até outros neurônios vizinhos ou distantes.

Em linhas gerais, as informações chegam aos dendritos, que as levam ao corpo

celular onde ocorre a síntese dos sinais recebidos e o resultado desse processamento é levado pelos axônios para outras regiões do corpo. Na maioria dos neurônios, há um número maior de dendritos e um único axônio, que pode se ramificar no final - essas ramificações são chamadas de terminais axonais. Os terminais axonais é que passam a informação para outros neurônios. Mas, antes de nos aprofundarmos sobre esse assunto, vejamos o quão variados são os tipos de neurônios.

Tipos de neurônios

Existem duas principais classificações para os neurônios, uma relacionada à forma e outra à função. Com relação à forma ou morfologia, que leva em consideração as estruturas que partem do corpo da célula, os neurônios podem ser classificados como unipolares, pseudounipolares, bi polares e multi polares..



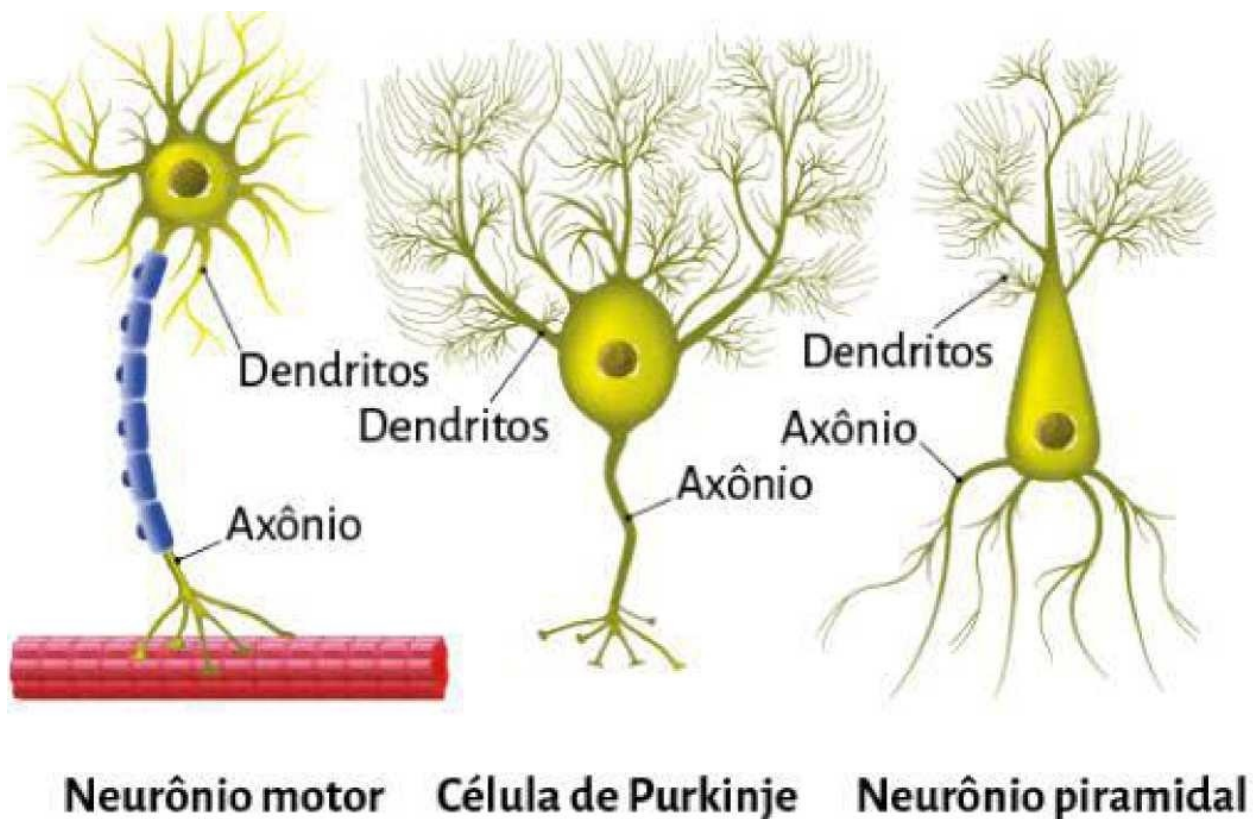
Representação dos tipos básicos de neurônios quanto à forma.

Os unipolares possuem apenas um axônio e não possuem dendrites.

são encontrados na mucosa olfatória e retina, por exemplo. Já os bipolares têm um único axônio e um único dendrito, como os neurônios típicos do olfato e da visão. Os pseudounipolares são neurônios de longa extensão, seu prolongamento parte do corpo do neurônio como uma estrutura única e subdivide-se, isso porque seus dendritos e seu axônio fundem-se durante o desenvolvimento. São exemplos de pseudounipolares os neurônios responsáveis por conduzir os impulsos de tato, temperatura e pressão, por exemplo. Os multipolares apresentam muitos dendritos e um axônio, que se ramifica ao final, e se constituem na maior parte dos neurônios encontrados no nosso tecido nervoso.

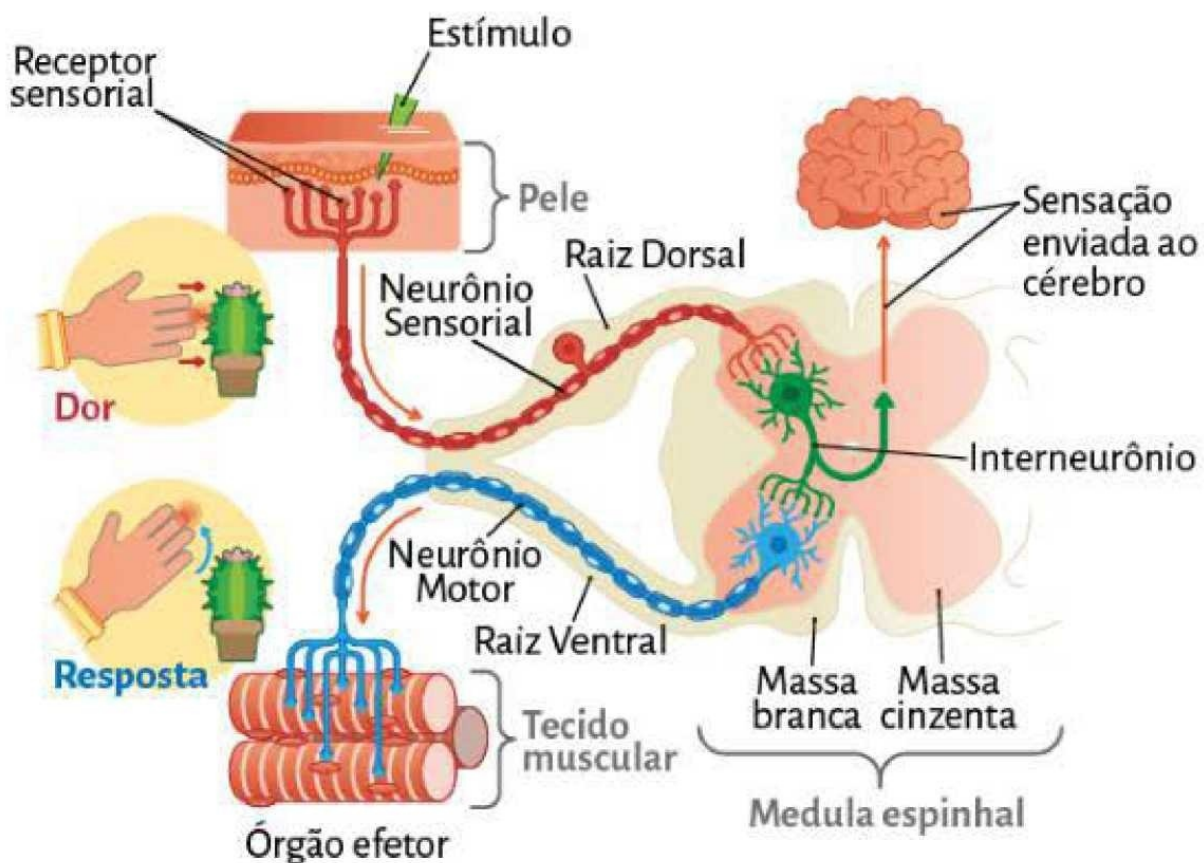
Mas mesmo dentro de cada uma das categorias de neurônios há variações.

Veja, por exemplo, a diferença na estrutura de três neurônios multipolares: um neurônio motor (que provoca o acionamento dos músculos para o movimento), um neurônio piramidal (presente, por exemplo, no córtex e hipocampo) e uma célula de Purkinje (que é um tipo de neurônio presente no cerebelo bastante arborizado). Mesmo analisando somente neurônios multipolares, encontramos células muito diversas com relação à quantidade de dendritos e, também, à extensão dos axônios.



Representação dos neurônios multipolares.

Agora, se em vez de categorizarmos os neurônios por sua forma, o fizermos pela sua função, encontramos os seguintes tipos: os sensitivos, os inter neurônios e os motores. Sensitivos ou aferentes são aqueles que captam a informação do ambiente externo (que chega pelos órgãos dos sentidos) ou do ambiente interno (das vísceras) e levam até o sistema nervoso central. são as estradas de ida para o sistema nervoso central. Já os interneurônios (ou neurônios interconectantes) ficam completamente dentro do sistema nervoso central (que compreende medula e encéfalo) e fazem conexão entre outros neurônios, A maioria dos neurônios se encaixa nessa categoria, eles são altamente ramificados, mas sem extensões tão longas. E, por fim, os neurônios motores ou eferentes que partem do sistema nervoso central levando informação para diversas partes do corpo, para acionar os músculos ou glândulas e provocar uma ação.



Recepção sensorial e ação motora reflexa.

Em outras palavras, basicamente, temos os neurônios sensoriais que têm sua

porção receptora nas superfícies sensoriais como a pele, a retina, a mucosa olfativa, papilas gustativas, cóclea e que levam as informações para o sistema nervoso central; os neurônios motores que partem do sistema nervoso central para o periférico e cujos axônios acionam os músculos {e também glândulas} para comandar os movimentos: e os interneurônios que fazem conexões apenas com outros neurônios e são a maioria no sistema nervoso.

Neurônios, mas não só: glia

Embora o neurônio seja a grande atração do sistema, nem só de neurônios se faz um tecido nervoso. Pense, por exemplo, em quando você vai a uma peça teatral.

Numa peça, os atores são a atração principal, é deles a função de subir ao palco, performar e fazer o espetáculo, são eles que são aplaudidos ao final. Mas por trás deles, para que a mágica aconteça, tem todo um suporte trabalhando nos bastidores: iluminador, sonoplasta, figurinista, cenógrafo, segurança, quem vende os ingressos, quem traz o lanche para os atores antes do espetáculo... E

assim também acontece no sistema nervoso. Os neurônios são a atração principal, é deles a função de transmitir e processar informações, mas existem outras células que dão o suporte para que isso possa acontecer: as chamadas células da glia ou células gliais.

Até bem pouco tempo, os neurocientistas não tinham conhecimento sobre a importância das células gliais e, hoje, cada vez mais têm percebido que elas contribuem de forma muito marcante para que haja um bom processamento das informações no sistema nervoso, já que elas oferecem suporte às funções neuronais. Embora tenham um papel visto como coadjuvante, sem glia o sistema nervoso não funciona, O espetáculo não acontece.

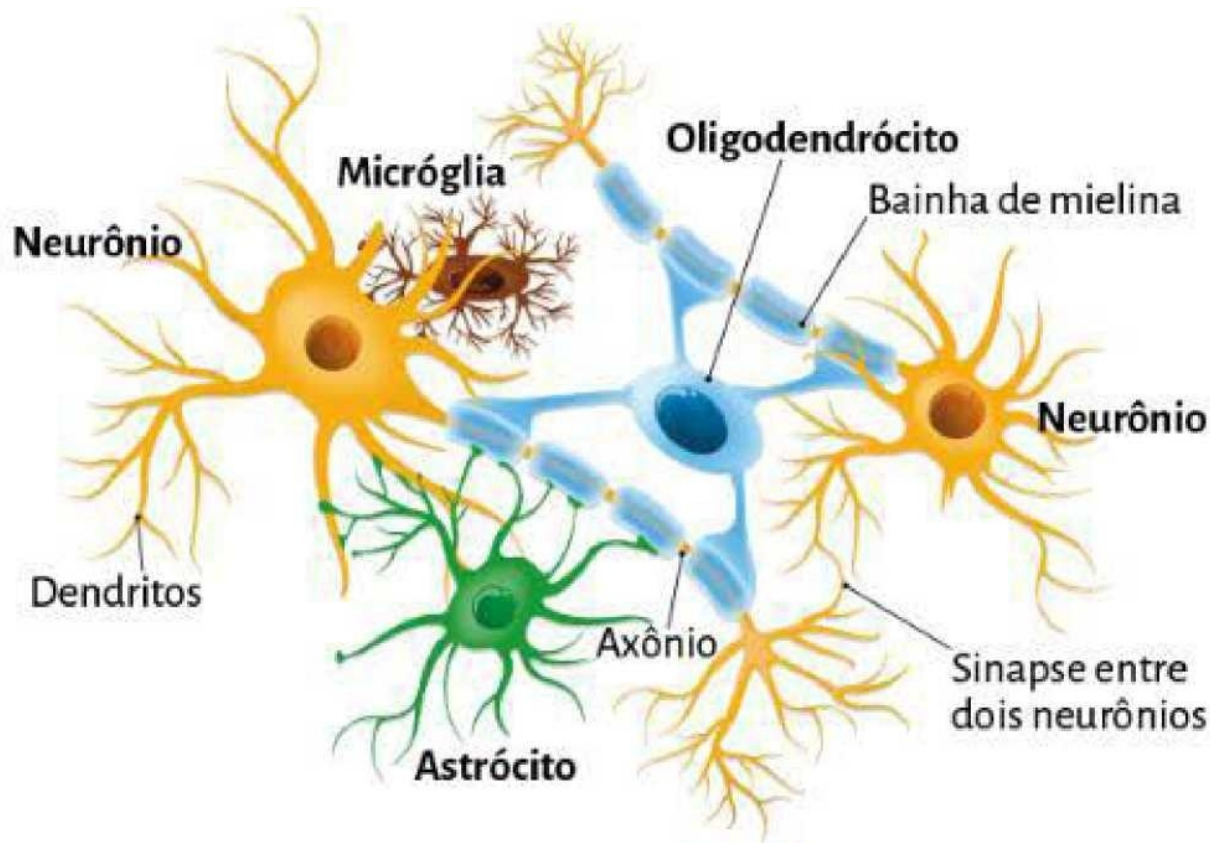
Em grego, "glia" significa cola, no início os pesquisadores achavam que essas células estavam lá para conectar os neurônios, que seriam responsáveis por manter o sistema nervoso unido. Sendo os neurônios como um monte de

“fiapos”, cheios de pontas, os cientistas pensaram que era preciso uma cola que

os mantivessem juntos. Mas as células da glia são bem mais do que Isso: elas nutrem, sustentam, isolam e protegem os neurônios. O neurônio é aquele ator ou cantor “estrela” que só entra em cena se tiver no camarim água Perrier na temperatura exata de que ele gosta, frutas das montanhas com creme de

chocolate belga, se tiver um número X de toalhas brancas... Isso porque, se o sangue não vier até o neurônio com a quantidade certa de sódio, potássio, cálcio, H^+ , ele não é capaz de gerar atividade elétrica e cumprir seu papel. Então, uma das funções das células da glia é regular o meio ambiente iônico para que o neurônio entre em cena!

Temos basicamente 3 grupos de células gliais com funções específicas: os astrócitos, os oligodendrócitos e as microglias (ou microglia).



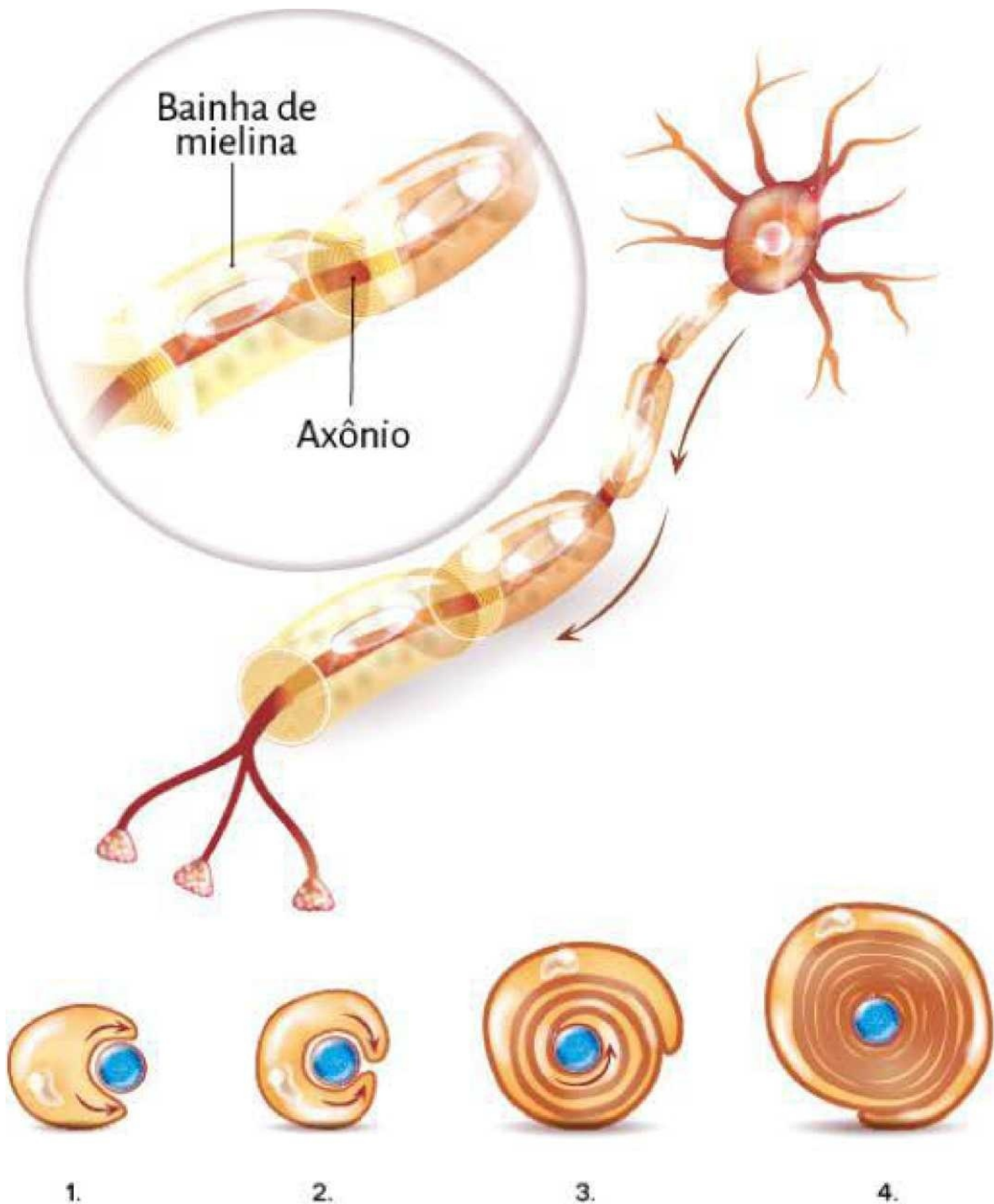
Neurônios e células gliais.

Os astrócitos são as células da glia mais abundantes e estão restritos ao

sistema nervoso central. Têm esse nome por sua forma estrelada que se assemelha a um astro. O astrócito faz a intermediação dos neurônios com os vasos sanguíneos, sendo responsável, portanto, pela nutrição do neurônio e por manter um ambiente químico propício para sua atuação. É ele que fornece o suporte metabólico do neurônio e mantém a concentração de substâncias químicas em nível adequado para que as sinapses ocorram. Aumentou a

neurotransmissão demais ou diminuiu, o astrócito vai lá e regula.

Além disso, ele é responsável pela barreira hematoencefálica, ou seja, é o guarda na porta do camarim que seleciona quem pode e quem não pode entrar em contato com o neurônio. O sangue está cheio de substâncias que não devem chegar até o encéfalo e o astrócito faz uma barreira não as deixando entrar. Aliás, um dos grandes desafios da farmacologia é produzir medicamentos que ultrapassem essa barreira hematoencefálica, justamente por conta dos astrócitos, que não deixam algumas substâncias passarem. Por isso, demorou-se tanto no desenvolvimento de medicamentos psicoativos (que são medicamentos que possuem a propriedade de modificar a atividade cerebral) até que os especialistas conseguissem fazer com que tais medicamentos atravessassem a barreira hematoencefálica para atuar dentro do encéfalo.



Bainha de mielina envolvendo axônio do neurônio.

Já os oligodendrócitos são responsáveis por produzir a bainha de mielina no axônio dos neurônios (em muitos deles, mas não em todos). Eles são como os

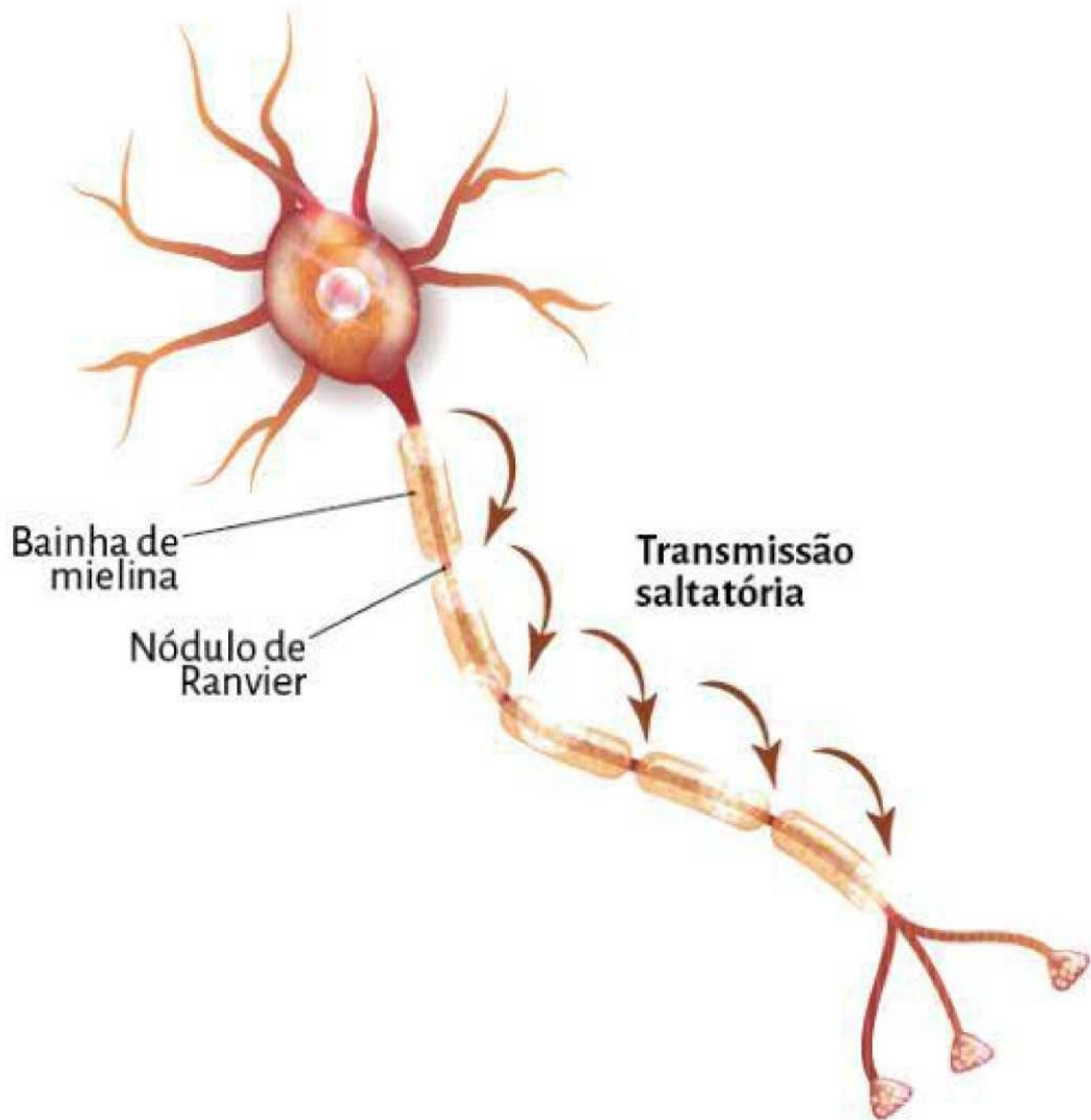
figurinistas que vestem os atores, enrolando tecidos no corpo deles, para que desempenhem melhor seu papel no espetáculo. Os oligodendrócitos produzem envoltórios ricos em lipídeos (gordura), que são chamados de bainha de mielina, e ficam enrolados no axônio, ajudando a isolar trechos deste axônio e, consequentemente, a aumentar a velocidade de transmissão dos sinais elétricos. Neurônios com bainha de mielina são mais rápidos.

Para se ter uma ideia, o neurônio mais mielinizado do nosso organismo trafega informações a cerca de 240 metros por segundo, enquanto um neurônio lento sem mielina chega a 0,5 metros por segundo. A mielina se enrola em espiral em torno do axônio e forma nele vários calombos de gordura com pequenos intervalos entre eles. Esses espaços entre uma bainha de mielina e outra são chamados de Módulos de Ranvier. Pense em colocar várias boias de braço em uma criança, o bracinho dela seguiria ao centro e ficaria com vários calombos com pequenos espaços entre eles. Assim como fica o axônio, com várias “boias”

de gordura envolvendo-o. Esses "gomos" de gordura funcionam como aceleradores do neurônio, pois, sendo elétrica a transmissão de mensagens no axônio, a mielina funciona como um isolante e a energia elétrica corre em saltos

- pulando as bainhas de mielina - em vez de percorrer todo o axônio e isso faz aumentar a velocidade da transmissão. Por isso, essa transmissão que ocorre nos neurônios mielinizados é chamada de “transmissão saltatória”. Quanto maior a bainha de mielina, maior o isolamento do neurônio com o meio extracelular, maior o campo elétrico formado e isso implica diretamente na velocidade da transmissão.

Os neurônios mais mielinizados possuem menor resistência à corrente elétrica, pois as trocas iônicas com o meio extracelular ocorrerão apenas nos Nódulos de Ranvier. Já nos neurônios amielinizados, os canais se abrem sequencialmente ao longo de toda a membrana para conduzir o potencial de ação, o que torna a transmissão bem mais lenta.

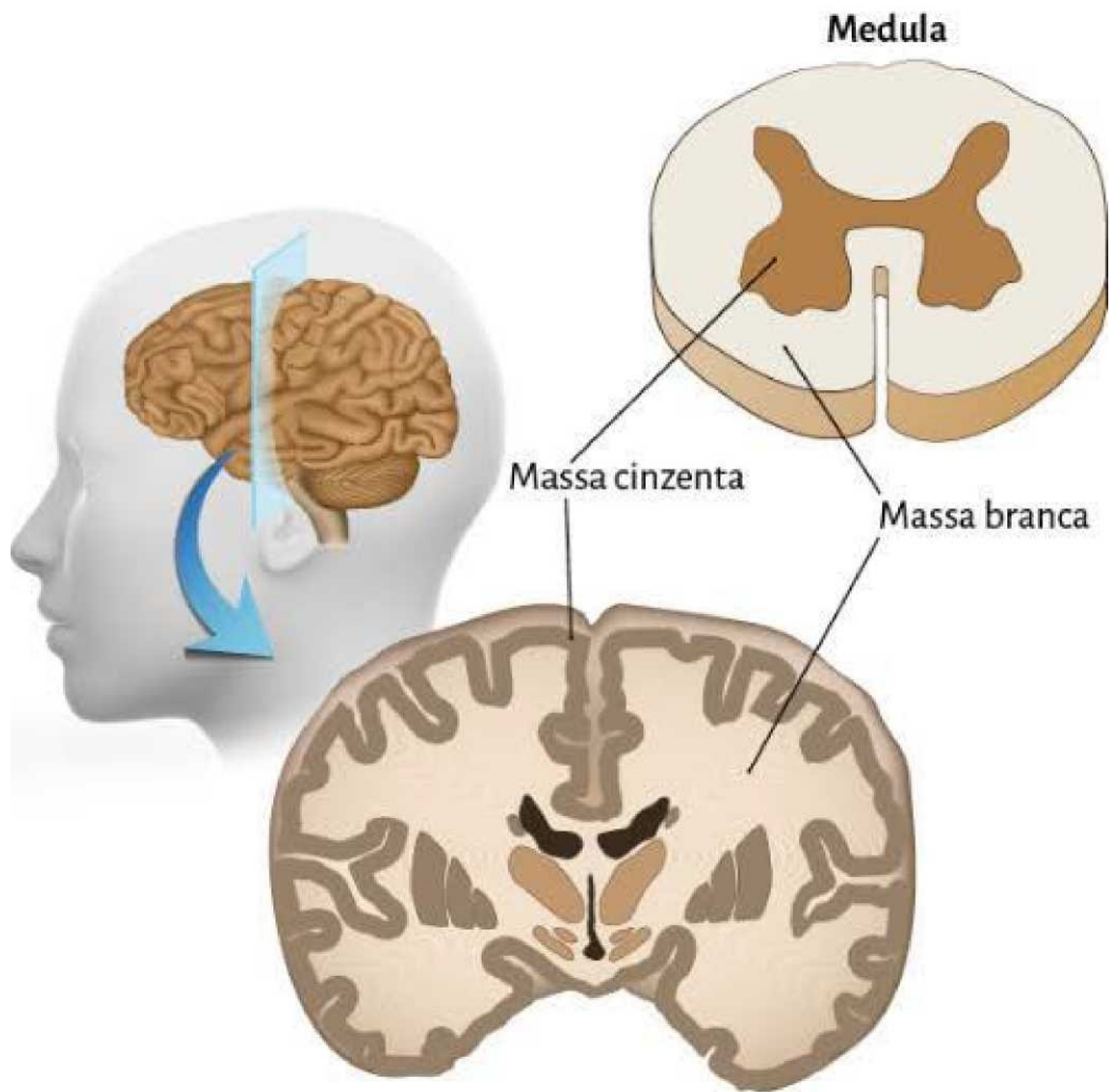


Bainha de mielina: transmissão saltatória aumenta velocidade do neurônio.

Cabe ainda ressaltar que os oligodendrócitos, assim como os astrócitos, ficam restritos ao sistema nervoso central, já no sistema nervoso periférico a bainha de mielina é produzida pelas células de Schwann.

E outra curiosidade: já ouviu falar que no encéfalo ou na medula temos a substância branca e a substância cinzenta ou massa cinzenta? Isso tem a ver com a mielina! As áreas cinzentas são onde se localizam os corpos dos neurônios,

dendritos e pequenos axônios amielinizados, enquanto a massa branca são principalmente axônios mielinizados, que deixam o tecido mais esbranquiçado justamente por conta da gordura, ou seja, da mielina.



Massa branca e massa cinzenta do encéfalo e da medula.

E, por fim, entre as células gliais, temos ainda as microglias ou microglias que são responsáveis pela defesa dos neurônios, atacando microrganismos. Elas “comem” vírus e bactérias - fazendo fagocitose - e protegem os neurônios. As microglias fazem a faxina geral do sistema. Já parou pra pensar na sujeira e bagunça que ficaria se não tivéssemos faxineiros num espetáculo teatral com tantos participantes envolvidos? As microglias retiram células mortas, restos celulares provenientes da renovação celular e agentes infecciosos. Além disso, há evidências de que elas sejam as responsáveis por suprimir sinapses

desnecessárias durante o desenvolvimento cerebral, o que é de extrema importância para o amadurecimento do sistema.

Ainda falando em células da glia, não podemos nos esquecer de um fato importante. Você já deve ter ouvido dizer que usamos só 10% do cérebro, não? E

também que, justamente por isso, podemos potencializar seu uso. Pois é... isso é um mito. Uma enorme besteira. Os neurônios, quando não utilizados, morrem ou são apropriados por outras áreas vizinhas. Usamos a totalidade dos neurônios do nosso encéfalo. Ou seja, não existe neurônio ocioso. Os neurônios são células caras ao sistema, que consomem muita energia e, se não são utilizadas[^] são descartadas. O encéfalo humano, por ser formado por neurônios, consome cerca de 20% da energia gasta pelo nosso organismo, mesmo representando apenas aproximadamente 5% do nosso peso corporal.

Esse mito de que utilizamos só 10% do cérebro surgiu provavelmente do fato de que os primeiros estudos sobre as células gliais indicavam que elas eram bem mais numerosas do que os neurônios, em uma proporção de 10:1 ou 9:1. No entanto, isso não significa que não utilizamos as células do nosso encéfalo que não são neurônios. Pelo contrário, elas são extremamente necessárias. Inclusive, estudos mais recentes apontam que nem essa proporção é correta e que a relação entre células gliais e neurônios é aproximadamente de 1 para 1.

Bom, agora que conhecemos os bastidores do espetáculo e sabemos de como são importantes, vamos voltar ao personagem principal e sua atuação. Afinal, como funcionam os neurônios?

Neurônios em ação

Um neurônio pode se apresentar em estado repouso ou em ação. Já vimos que os dendritos de um neurônio recebem informações de vários outros neurônios que produzirão uma influência sobre ele e sobre a mensagem que ele passará adiante por meio de seu axônio. Isso significa dizer que um mesmo neurônio recebe conexões de várias partes, de vários lugares diferentes do corpo, pode, por exemplo, receber informações de um axônio que chega da mão, de outro vindo do córtex, de outro vindo do cerebelo e, para resolver o que fazer, esse neurônio leva todas essas mensagens em consideração.

Vamos pensar, por exemplo, em um neurônio X responsável por contrair algumas células musculares da sua mão. Então, o que precisa acontecer para que

isso ocorra? Digamos que o axônio do neurônio X seja responsável por ativar o músculo para abrir a mão - na verdade são necessários vários neurônios para fazer isso, mas digamos que esse fosse o caso. Imaginemos que essa mão segura um copo com chocolate quente. Um neurônio receptor lá da pele da mão sente o calor do copo e avisa o neurônio X que é preciso abrir a mão e soltar esse objeto quente, mas outro neurônio lá do córtex fala "não solte ou o copo vai se quebrar e fazer uma sujeira de chocolate e vidro para todo lado". E como fica o neurônio X que recebe essas duas informações? Nesse caso, ganha quem tem mais influência. Mas aí vem a questão: como é que se mede a influência de um ou de outro neurônio? Quanto mais conexões os neurônios anteriores tiverem com o neurônio X, mais influência terão sobre ele. Um mesmo neurônio pode fazer conexões com 3, 4, 5 ou mais dendritos de X e enquanto o outro apenas uma conexão, por exemplo. E aí, quem tem mais, manda mais naquela resposta, naquele circuito. Mas,, E como é que se determina a quantidade de conexões que um neurônio tem com o outro? Determina-se pelo uso, conexões mais utilizadas se fortalecem e se multiplicam.

E há ainda outro fator a ser levado em consideração além do número de 3 conexões: a frequência da mensagem. Ainda pensando sobre o mesmo exemplo, se aumentarmos o calor do copo colocando chocolate ainda mais quente, por exemplo, a frequência do sinal avisando que os dedos podem se queimar irá aumentar e, então, esse neurônio pode acabar tendo mais influência sobre o neurônio X mesmo que o outro neurônio tenha mais conexões.

Como já comentamos, os dendritos de um neurônio estão em contato com axônios de outros neurônios, Esses dendritos recebem essa informação, transmitem ao corpo neuronal e disparam um potencial de ação no axônio. O

axônio - que é a ramificação mais comprida do neurônio e que pode percorrer longas distâncias como do pé à cabeça - quando é ativado carrega uma corrente elétrica ao longo de sua extensão. Seguindo do Início do axônio até suas

ramificações finais - os terminais axonais essa corrente elétrica estimula a liberação de substâncias químicas que estão dentro do neurônio nesses terminais e que são secretadas para fora dele. Essas substâncias, chamadas de neurotransmissores, são liberadas na fenda sináptica, que é um espaço entre dois neurônios, e estimula o neurônio seguinte. É assim que os neurônios conversam, por meio de transmissões sinápticas.

Quanto mais forte for a ativação de um axônio, maior será a quantidade de neurotransmissores liberados por ele, Fazendo uma analogia, a força de ativação de um axônio e a quantidade de neurotransmissores liberada pode ser comparada a quando tomamos um medicamento: se tomarmos uma pequena dose, temos uma ação menor do que quando ingerimos uma dose maior. Somente levando em consideração esse aspecto, o sistema de comunicação dos neurônios já poderia ser tido como de alto grau de complexidade. Agora, imagine que um neurônio recebe simultaneamente a comunicação de axônios diferentes pertencentes a neurônios diferentes, sendo que cada um foi ativado com forças diferentes e liberam quantidades diferentes de neurotransmissores. Um neurônio pode receber e transmitir múltiplos sinais químicos que podem ter significados bem amplos e tendenciar a expressão de um comportamento. Cada informação que foi recebida em cada dendrito terá sua parcela de influencia em iniciar a atividade de um axônio ou em deixá-lo ficar inativo. Portanto, essas informações de caráter químico geram reações químicas dentro do neurônio que promovem a atividade ou a inatividade do axônio (comoveremos mais adiante), O sistema vai criando redes entre fenômenos que se correspondem e a combinação de estímulos influencia a resposta neuronal.

E temos ainda outra questão relevante: o efeito do neurotransmissor sobre o dendrito depende da sensibilidade do dendrito àquele neurotransmissor e tal sensibilidade depende da quantidade de moléculas que ele possui na sua superfície para interagir quimicamente com aquele neurotransmissor específico.

Os neurotransmissores são como chaves que atuam em fechaduras específicas (os receptores específicos), se não se encaixam nessa fechadura não têm atuação.

Esses arranjos de neurônios formam imensas redes de comunicação que envolvem desde redes locais (restritas a uma região específica do cérebro) a redes de longa distância como, por exemplo, uma que faça a conexão entre a sensação da picada de unia agulha na ponta dos dedos e a informação visual dessa agulha entrando na pele. O mais incrível é que essas redes podem ser transformadas. Pode-se aumentar a quantidade de neurotransmissores liberados para um mesmo grau de ativação: pode-se aumentar a sensibilidade do dendrito a determinado neuro transmissor; dendrito e axônio podem fabricar mais contatos entre eles (que são as famosas sinapses) ou podem se afastar e o dendrito deixa de responder àquele axônio...

Enfim, há uma enorme potência de transformação nesses circuitos e, por causa disso, o processo é extremamente complexo. Essas mudanças são responsáveis por alterações que chamamos genericamente de aprendizado. Essa capacidade do nosso sistema nervoso de aprender e se adaptar a novos usos é chamada de neuroplasticidade, como veremos mais adiante.

O potencial de ação

Como vimos, a informação chega aos neurônios pelos dendritos, passando pelo corpo neuronal e ativando o potencial de ação no axônio. Mas, afinal, como exatamente um axônio é ativado? Como se produz a ativação depois que os dendritos são atingidos pelos sinais liberados por axônios de outros neurônios?

O que acontece é o seguinte: quando o neurônio está em repouso, a concentração de íons negativos é maior dentro de sua célula do que fora. Assim, se compararmos a diferença entre os meios interno e externo do neurônio, veremos que o interno é mais negativo em -65 mV aproximadamente, O

acúmulo de cargas positivas do lado de fora da célula é provocado por um íon carregado positivamente que é muito abundante no nosso corpo, o sódio (Na^+), e que não consegue entrar na célula enquanto ela está em repouso, ou seja, quando não foi ativada. Já dentro da célula, há acúmulo de íons carregados negativamente, representados por grandes moléculas como proteínas e fosfato (PO_4^{3-}) que têm dificuldades para sair de dentro do neurônio, especialmente por serem moléculas grandes.

Esta tensão que existe entre os dois meios poderá ser completamente modificada se for permitido o movimento de íons sódio para dentro da célula.

No entanto, com a célula em repouso, estes íons não conseguem atravessar a membrana do neurônio. Se por acaso algum entrar, há uma proteína na membrana que funciona como uma bomba, mandando sódio de volta para fora da célula. É a chamada bomba Sódio-Potássio (ou $\text{Na}^+/\text{K}^+\text{ATPase}$), que bombeia ativamente sódio para fora e potássio para dentro, sendo que a cada 3

Na^+ pra fora 2 K^+ vão pra dentro. A bomba Sódio-Potássio é responsável por garantir que haja bem pouco sódio no interior da célula e um verdadeiro acúmulo de potássio.

Mas o sódio está sempre querendo entrar já que há duas forças impelindo-o a

fazer isso: uma diferença de eletricidade e uma diferença de concentração de íons. Os íons sódio carregados positivamente são atraídos pelas cargas negativas abundantes do interior do neurônio já que as forças de difusão de partículas

impelem o sódio a manter-se em iguais concentrações em todos os espaços, o que só não está ocorrendo porque a membrana do neurônio está impedindo-o de entrar.

Portanto, em repouso, sem nenhuma ativação, a membrana do neurônio não permite a passagem de algumas substâncias que são abundantes e que podem mudar a eletricidade na membrana, Pra ficar mais claro, imagine que a membrana do neurônio se assemelha à nossa pele, cheia de poros. A membrana seria como a pele do neurônio, aquilo que separa o meio interno do meio externo. Imagine que, pelas características químicas dessa "pele" do neurônio, apenas alguns tipos de substâncias químicas podem atravessá-la, de dentro para fora ou de fora para dentro, Isso significa que não é todo mundo que pode entrar ou sair do neurônio quando quiser. No entanto, os neurônios têm a capacidade de abrir e fechar esses poros de sua pele de uma maneira controlada.

Se tirássemos uma foto da membrana de um neurônio em repouso, veríamos que do lado de fora da parede existem um monte de íons de sódio alinhados tentando entrar por causa da atração que as cargas negativas exercem do lado de dentro do neurônio e, que, por sua vez, também estariam alinhadas na membrana do lado de dentro.

Há ainda um íon que também é carregado positivamente, mas que temos em pequena quantidade em nosso organismo e que tem livre acesso na membrana do neurônio, ele entra e sai a qualquer momento, mesmo com o neurônio em repouso: o íon potássio Os poros ficam permanentemente abertos para a passagem dele, Se por alguma razão a quantidade de potássio em nosso organismo aumentasse, esse íon acabaria com a diferença de potencial elétrico da membrana do neurônio porque entraria em maior quantidade e neutralizaria a célula aumentando a quantidade de cargas positivas internamente, Por isso, o excesso de potássio em uma pessoa pode ser fatal.

O processo de ativação de um neurônio acontece da seguinte maneira: um neurônio X está no seu estado de repouso. Um axônio de outro neurônio próximo dele libera moléculas de um neurotransmissor capazes de interagir com as moléculas receptoras do dendrito do neurônio X. Nesse momento, essa

interação química provoca uma mudança na porosidade da membrana - como se abrisse uma porta - e permite que íons de sódio entrem na célula. Essa entrada de íons sódio fará com que a diferença elétrica entre a parte interna e externa do neurônio se modifique, ficando menor. Quanto mais sódio entrar no dendrito ou nos vários dendritos de um neurônio e chegar simultaneamente ao corpo do neurônio, maior é a probabilidade de modificar as cargas iônicas até atingir o chamado "limiar de excitabilidade" do neurônio e, assim, provocar uma abertura total dos poros da membrana que permitem a passagem de sódio para o axônio.

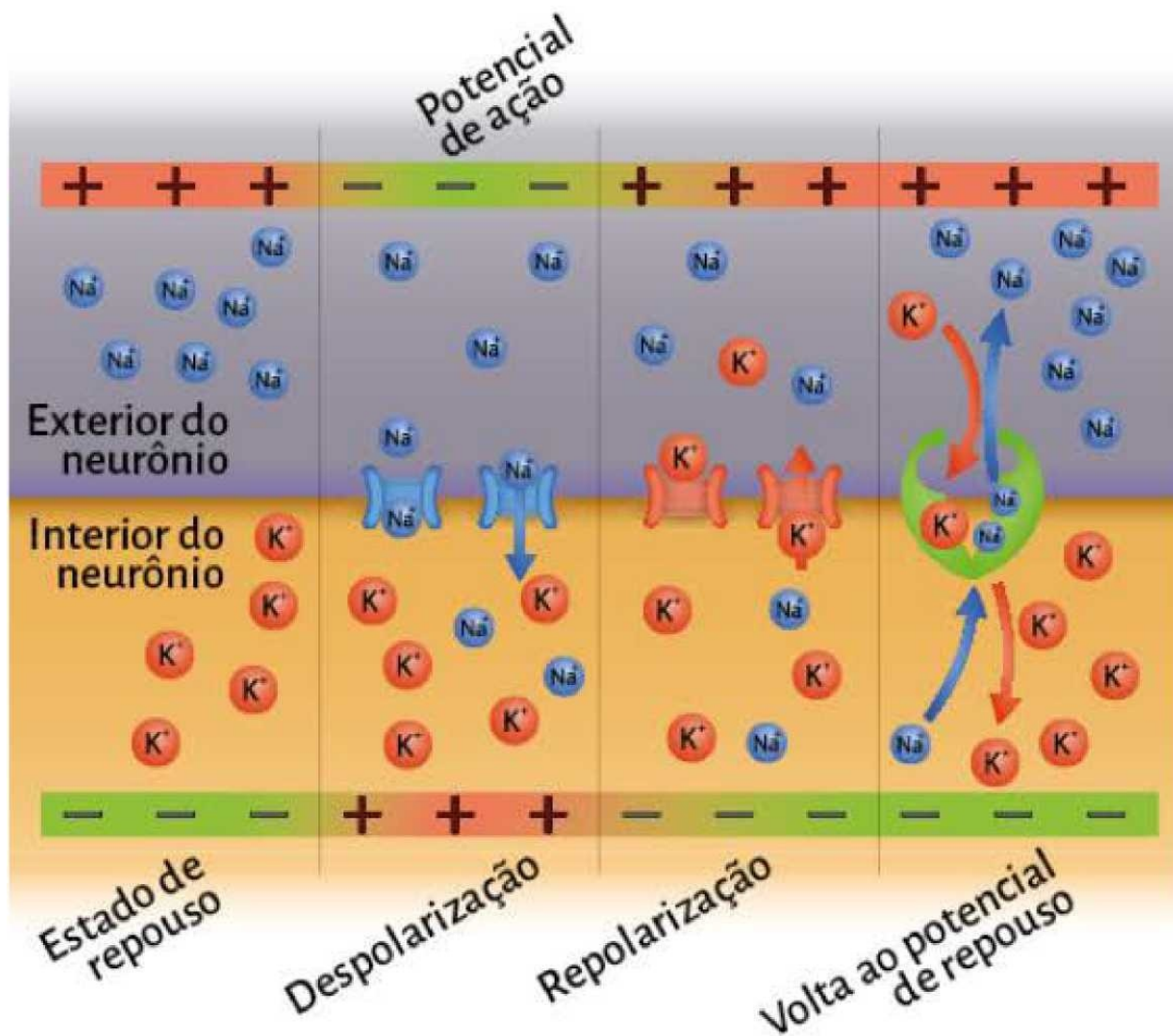
A entrada de íons sódio no cone axônico, região do começo do axônio - provoca uma abertura de portas estimuladas eletricamente por uma determinada voltagem e o sódio invade a célula, desencadeando um efeito em cascata que vai abrindo mais portas para o sódio entrar por todo o comprimento do axônio, levando essa corrente elétrica até o final do axônio, nos terminais axonais (que fica no final dele).

Isso significa dizer que, quando o neurônio é excitado - quando os estímulos fazem com que se ultrapasse seu limiar de excitabilidade ele dispara pulsos elétricos, os chamados potenciais de ação, que viajam pelo axônio até o final dele. Se o estímulo nos dendritos continuar, mais correntes podem ser formadas provocando várias correntes consecutivamente percorrendo o axônio. Quanto maior for o número de correntes por segundo, maior será a frequência de atividade desse neurônio. E, quanto maior a frequência, maior a quantidade de neurotransmissores que será liberada pelos terminais axonais (lá no final do axônio) na fenda sináptica, onde estimulará outros neurônios.

Você pode imaginar que isso se transforma num fenômeno em cadeia sem fim, certo: Mas há mais um detalhe: a ligação entre o neurotransmissor e a molécula receptora pode provocar um fenômeno totalmente inverso. Para isso, basta que a ligação química entre eles provoque um aumento na porosidade da membrana para tons carregados negativamente, como é o caso do cloro (Cl⁻). Caso entre cloro no neurônio, a diferença entre o lado de fora e o lado de dentro se acentua e isso irá inverter completamente o efeito. Nesse caso, não se inicia a corrente no axônio. Exatamente por essa razão, dizemos que existem neurotransmissores com efeito excitatório (que aumentam a chance de provocar condução elétrica no axônio) e neurotransmissores com efeito inibitório (que diminuem essa chance).

Imagine agora um neurônio cheio de dendritos recebendo simultaneamente estímulos excitatórios vindos de um lugar e estímulos inibitórios vindos de

outro. Será que o neurônio entra em conflito? De jeito algum. Isso é o que ocorre a todo momento no sistema nervoso e é onde reside a mágica do processamento das informações. Se receber mais estímulos excitatórios,. dispara o potencial de ação que leva a mensagem adiante, se tiver mais inibitórios, não dispara e não passa a mensagem.



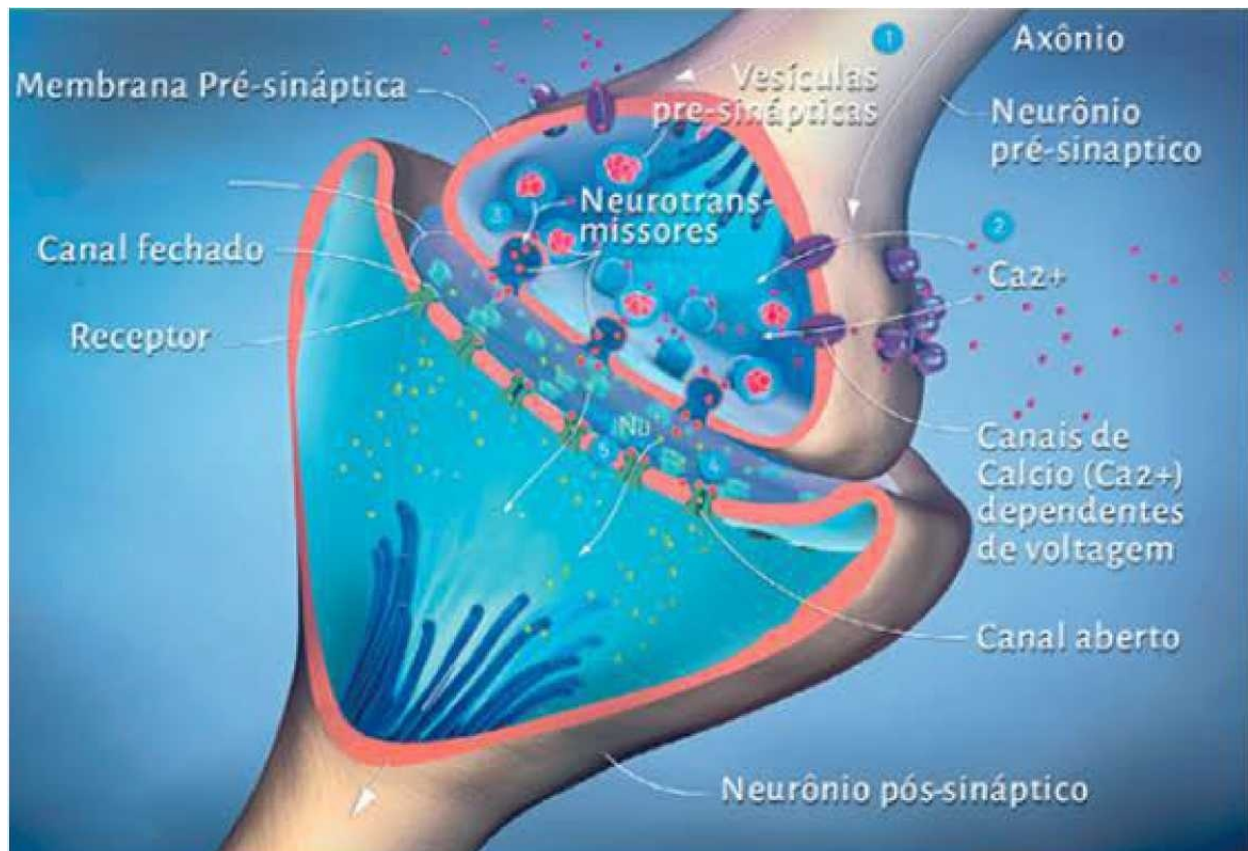
Potencial de ação.

A sinapse

A comunicação entre células neuronais é um processo bastante sofisticado. Imagine que temos cerca de 86 bilhões de neurônios só no encéfalo que se comunicam entre si e que influenciam o funcionamento de trilhões de células do nosso corpo. E esta comunicação entre neurônios ocorre através das chamadas sinapses. Uma sinapse consiste em uma área de aproximação entre neurônios e permite a comunicação entre eles.

não há continuidade física entre neurônios, eles não se tocam, A membrana do neurônio emissor da mensagem ou pré-sináptico (chamada de membrana pré-

sináptica) está separada da membrana do neurônio pós-sináptico (a membrana pós-sináptica) pela fenda sináptica, um espaço entre os neurônios. Sendo assim, o sinal emitido internamente no neurônio, que percorre todo seu axônio quando disparado o potencial de ação e que é um sinal elétrico, não pode ultrapassar eletricamente esse espaço. Mas esse impulso elétrico é capaz de provocar uma resposta química que, esta sim, consegue atravessar a fenda sináptica e levar a mensagem aos outros neurônios.



Sinapse: comunicação entre neurônios.

Podemos dizer que a sinapse tem, portanto, dois lados: o pré-sináptico e pós-sináptico, que estão associados ao fluxo de informações. A região pré-

sináptica é um terminal axonal, enquanto que a pós-sináptica é na maior parte das vezes um dendrito (mas pode ser ainda um corpo neuronal ou até mesmo um axônio). Na maioria das sinapses, a informação percorre o axônio em forma de impulsos elétricos e é convertida em sinal químico quando chega ao terminal axonal. Quando atravessa a fenda sináptica, o sinal químico volta a se converter em sinal elétrico no outro neurônio caso as alterações de cargas atinjam o limiar

de excitabilidade. Portanto, os eventos elétricos acontecem dentro de um neurônio, enquanto que o químico se dá na passagem de um neurônio para outro, Essa transformação da informação em química-elétrica-química é o que torna possível a comunicação entre neurônios e possibilita a atuação do sistema nervoso. Vale lembrar que estas interferências químicas são os chamados neurotransmissores.

Vejam de maneira mais detalhada como se dá a sinapse. Levemos em conta que um potencial de ação foi disparado no axônio e percorreu todo seu comprimento até chegar ao terminal axonal. Quando o potencial de ação invade o terminal axonal do neurônio pré-sináptico, há uma despolarização deste terminal que leva à abertura de canais de Cálcio (Ca^{2+}) dependentes de voltagem, assim como aqueles canais que permitiram que o sódio propagasse o sinal elétrico ao longo de todo o axônio até sua terminação. Sendo assim, na terminação, canais que reagem à atividade elétrica permitem que o Cálcio entre na célula, forçado pelas mesmas forças que atraem o Sódio, já que o Cálcio também é um íon fortemente atraído pelas cargas positivas da célula. As moléculas de Cálcio adentram ao neurônio pré-sináptico por meio desses canais, provocando complexos sinais químicos dentro da célula que promovem a fusão de vesículas sinápticas - que são pequenas bolsas esféricas onde ficam armazenados os neurotransmissores - com a membrana pré-sináptica. Nessa fusão: os neurotransmissores são liberados (processo chamado de exocitose) e se espalham pela fenda sináptica. Os neurotransmissores atravessam a fenda e encontram moléculas receptoras na membrana pós-sináptica. Caso aquele neurotransmissor seja o adequado para aquela molécula receptora (lembra-se que falamos que os neurotransmissores são como chave e as moléculas receptoras como fechaduras?), o encontro deles produz mudanças na membrana do neurônio e provoca entrada ou saída de moléculas positivas e negativas. Para

ocorrer um potencial de ação, vai ser necessário que uma corrente de íons seja capaz de alterar a composição do interior do neurônio e provoque a mudança elétrica suficiente para alcançar o limiar de excitabilidade do neurônio no cone axônico, desencadeando o potencial de ação.

Mas vale ainda ressaltar que, em um conjunto de sinapses, ocorre um processamento de informações, e é possível que, em vez do potencial de ação, haja uma inibição da mensagem e assim ela não é passada adiante. Como vimos anteriormente, os sinais que chegam aos dendritos onde são compiladas as informações que chegam de locais distintos, processadas e seguem (ou são

bloqueadas) via axônio para as porções terminais do neurônio.

Explicando de forma mais clara: se um axônio excitado por um potencial de ação liberar um neurotransmissor e este neurotransmissor reagir com um receptor específico para ele na célula vizinha, esta reação pode provocar respostas que podem tanto aumentar a chance deste segundo neurônio disparar potenciais de ação no seu próprio axônio ou, ao contrário, diminuir a chance desses potenciais ocorrerem.

Neurotransmissores

Os neurotransmissores são pequenas moléculas orgânicas sintetizadas e armazenadas pelas vesículas sinápticas e liberadas na fenda sináptica afetando o neurônio pós-sináptico, são conhecidos mais de 100 diferentes moléculas ou aminoácidos individuais que atuam como neurotransmissores e, provavelmente, outros ainda serão descobertos.

O principal neurotransmissor excitatório no encéfalo é o Glutamato, e o principal inibitório é o GABA (ácido gama-aminobutírico). A maior parte dos neurotransmissores é capaz de ativar diversos receptores, produzindo ações diferentes e uma enorme diversidade de sinalizações químicas entre os neurônios. Os neurotransmissores dividem-se basicamente em três categorias: neuropeptídios, aminoácidos e aminas.

Os neuropeptídeos são moléculas relativamente grandes, que podem ter de três aminoácidos até por volta de 36. Já os aminoácidos e aminas enquadram-se na categoria de pequenos neurotransmissores. Os primeiros incluem aminoácidos individuais, como Gaba e Glutamato. Já as aminas incluem as famosas catecolaminas - dopamina, noradrenalina (ou norepinefrina) e adrenalina (também chamada epinefrina), além de serotonina e histamina. A primeira substância identificada como um neurotransmissor foi a acetilcolina (ACh). Ela atua na contração muscular voluntária (todas as

contrações musculares voluntárias são causadas pela liberação de acetilcolina nas células motoras) e no sistema nervoso autônomo, além de ter grande influência na memória e na aprendizagem.

O Glutamato é um dos mais importantes neurotransmissores, quase todos os neurônios excitatórios do sistema nervoso central são glutamatérgicos e mais da metade das sinapses do encéfalo liberam glutamato. Ele é um neurotransmissor

rápido excitatório, a maioria das transmissões de longa distância no cérebro é feita por axônios que o liberam. Já o Gaba e a Glicina são responsáveis pela maior parte das sinapses inibitórias no sistema nervoso central.

As aminas - chamadas aminas biogênicas - regulam muitas funções no sistema nervoso central e periférico e estão envolvidas em uma enorme quantidade de processos, como funções para manutenção da homeostase, cognição, atenção e humor, e têm relação com a maior parte dos transtornos psiquiátricos conhecidos atualmente. A serotonina, por exemplo, tem ligação com a regulação de sono e vigília. A dopamina desempenha um papel significativo na coordenação dos movimentos corporais (na doença de Parkinson, por exemplo, há uma degeneração dos neurônios dopaminérgicos de uma região do encéfalo chamada de substância negra, que gera uma disfunção motora característica da doença) e está forte mente envolvida na motivação e na recompensa. A noradrenalina e a adrenalina têm forte relação com o comportamento de luta ou fuga, são liberadas em grande quantidade em situações de medo ou estresse, estimulando o coração a bater mais rápido, contraindo alguns músculos e relaxando outros, acelerando a respiração para que haja maior captação de oxigênio, preparando o corpo para reagir rapidamente.

Enfim, esses são apenas alguns exemplos, pois os neurotransmissores são muitos, mas não resta dúvida da sua atuação fundamental no sistema nervoso.

Agora que conhecemos o neurônio - a atração principal do espetáculo -, seu funcionamento interno e suas conversas com outros neurônios (as sinapses) e também sua relação com o pessoal dos bastidores - as células da glia -, *andiamo, andiamo*, que vai ficar muito mais fácil entender o sistema nervoso e a viagem só está começando!

Saiba mais: A comunicação química

A comunicação química é essencial para o comportamento de seres vivos.

Organismos unicelulares detectam uma fonte de energia no ambiente, como a glicose, por exemplo, e se movimentam em sua direção pela potencialidade desta energia química de mobilizar o comportamento daquela célula, Esta

potencialidade em organismos multicelulares permite que células em diferentes partes do corpo se comportem como um organismo único, buscando um objetivo comum. Assim, se sensores internos do corpo detectam que a concentração de

glicose está aumentada depois de uma farta refeição, o pâncreas libera insulina (uma substância química do tipo proteica) para que o comportamento das células seja o de tirar glicose do sangue para usá-la e armazená-la. Se as células não dependessem da sinalização da insulina para retirarem glicose do sangue, poderia faltar glicose para células vitais durante um período de jejum prolongado uma vez que as células retirariam glicose do sangue de forma indiscriminada.

Assim, é interessante observar que mesmo o comportamento de nossas unidades funcionais básicas, as células, depende do ambiente químico no qual elas estão, depende de interação.

Podemos observar que, com o processo de complexificação das formas de vida e dos sistemas biológicos, surgiram dois principais sistemas, conhecidos como sistemas de controle, que evoluíram a partir do desenvolvimento de mecanismos de comunicação química bastante especializados. O sistema nervoso e o sistema endócrino recebem informações sobre o meio interno do indivíduo e sobre o meio externo ao indivíduo e produzem as respostas mais adequadas para promover a adaptação daquele indivíduo ao meio em que vive, fazendo com que o seu comportamento seja o mais adequado possível frente às circunstâncias apresentadas a ele naquele momento. A insulina, que citamos há pouco, é um hormônio que é produzido pelo sistema endócrino para facilitar a adaptação do indivíduo ao meio, ajudando a regulação do organismo ao receber uma refeição mais calórica que inunda o corpo de glicose.

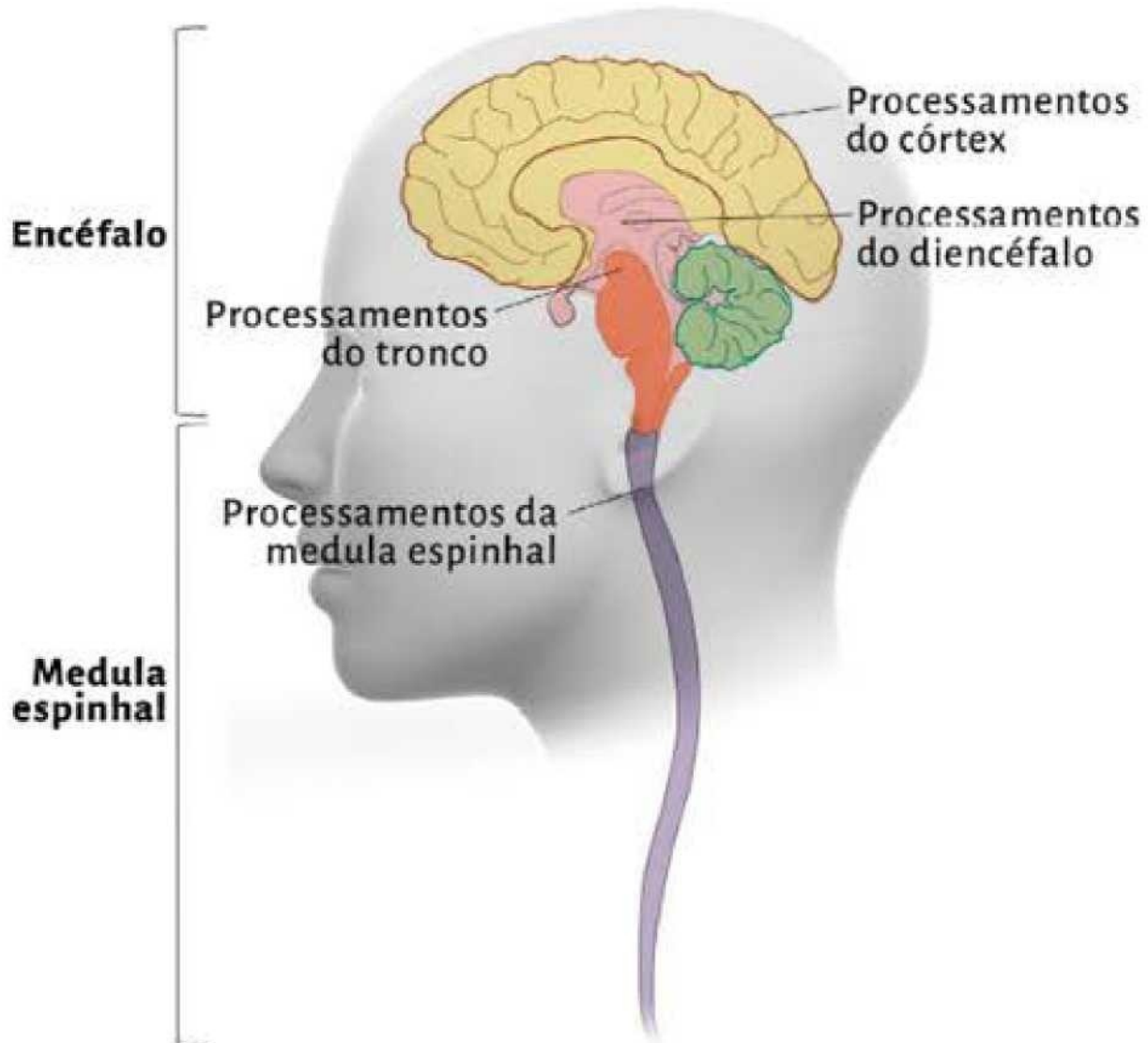
A diferença entre a atuação do sistema nervoso e o sistema endócrino é que os hormônios do sistema endócrino possuem um tempo de ação e reação maiores e atingem diferentes partes do organismo simultaneamente. Em geral, ele está mais diretamente envolvido com respostas globais (embora algumas respostas sejam bastante específicas) que atingem muitos tecidos do corpo e que apresentam receptores para as substâncias químicas que serão liberadas no sangue e distribuídas por ele em todos esses tecidos. Já o sistema nervoso atua através da liberação de neurotransmissores por terminações nervosas que, em geral, atingem uma região mais específica e possuem um tempo de reação e de ação muito mais curtos. Neste sentido, a liberação de um hormônio como a insulina tem efeito global no corpo enquanto a ação de um neurotransmissor liberado pela terminação axônica de um neurônio, tem um efeito mais focal. Mas nem sempre é assim, há respostas endócrinas que podem ser mais focais e neurotransmissores que têm uma ação mais generalizada. Na comunicação química, tudo é possível.

O que precisa ficar claro aqui é que neurotransmissores e hormônios são capazes de interferir diretamente no nosso comportamento. Esta interferência se dá especialmente porque as células do nosso organismo, sejam neurônios ou não, são responsivas a estes elementos químicos. Mas é ainda mais relevante entendermos: toda vez que um comportamento é estimulado, uma cadeia destas interações químicas ocupou o papel de protagonista no processo. Sendo as células compostas por uma organização bastante complexa de diferentes substâncias químicas, não é difícil de entender que quando um determinado agente químico entra em contato com a célula há uma chance de que aconteça uma reação química. Da mesma forma, que o íon sódio pode se ligar ao íon cloreto e formar cloreto de sódio (sal de cozinha) e as substâncias químicas que chegam podem reagir quimicamente com elementos da célula e isso provocar uma mudança na atividade dela. Sendo a célula parte de redes neurais, ela pode, por sua vez, influenciar expressões de diferentes tipos de comportamentos.

E esse é o princípio mais importante do funcionamento celular. Esta capacidade das células reagirem a substâncias químicas que entram em contato com elas é o que permite que nossas células se comportem de um modo adequado. Da melhor maneira possível para manter a vida. Assim, os trilhões de células que compõem o nosso corpo são orquestradas num funcionamento perfeito por um controle químico bastante complexo que os sistemas endócrino e nervoso executam com maestria.

Capítulo 4

O mapa da viagem: compreendendo os níveis de processamento neural



Níveis de processamento neural.

Uma das formas mais interessantes de nos apropriarmos da complexidade de funcionamento do sistema nervoso é compreendendo o mapa do processamento neural. Entender os níveis de processamento da informação nesse sistema é fundamental nessa viagem de compreender o cérebro. Como ao olhar um mapa ilustrado com as principais atrações de uma cidade ou as orientações em um mapa do tesouro, analisando os níveis de processamento do sistema nervoso é possível ter uma visão mais ampla e enxergar melhor o cenário.

Para começar a entender as atrações do processamento neural e a importância de cada uma delas, é preciso evidenciar que há diferentes níveis de complexidade

de processamento da informação sensorial e das respostas dentro de nosso sistema nervoso central. Temos mecanismos de processamento bem simples baseados na relação direta de estímulo-resposta até os mecanismos bastante complexos, que levam em consideração vários estímulos, as experiências anteriores, que fazem previsões. E o roteiro de atrações do nosso mapa vai do nível mais simples ao mais complexo, embora todas sejam igualmente importantes.

Você se lembra que o sistema nervoso central subdivide-se em medula e encéfalo? O primeiro destaque do nosso mapa é a medula, que está ligada a processamentos bastante simples. Já o encéfalo, que é toda parte do sistema nervoso que está dentro da nossa cabeça, subdivide-se em tronco encefálico, cerebelo e córtex e os processamentos promovidos por essas partes são progressivamente mais complexos.

O nível mais simples de processamento sensorial está diretamente relacionado com respostas igualmente simples, as respostas reflexas. Imagine um sapo comedor de moscas na beira da lagoa, esperando seu almoço passar. O conjunto de informações sensoriais disponíveis pelos sistemas visual e auditivo será fundamental para essa atividade: capturar uma apetitosa mosca. Quando a mosca desavisada passa por perto da lagoa, mas sabe que as ondas sonoras produzidas pelo movimento de suas asas são capazes de produzir atividade elétrica em neurônios que se dirigem para o tronco encefálico do sapo faminto. Tais neurônios transmitem essa informação para outros neurônios originários no tronco e que vão para uma região específica, um núcleo do mesencéfalo chamado de colículo inferior. O mesmo ocorre com as informações visuais que são transmitidas para o colículo superior. E dali, dos colículos,

partem neurônios que regulam a atividade muscular da língua do sapo. Então, de forma absolutamente automática, as informações sensoriais consequentes da presença da mosca são suficientes para fazer com que o sapo lance a língua no ar, com precisão e velocidade, e capture a mosca.

Em laboratório, há muito tempo atrás, foi realizado um experimento esclarecedor sobre a função desses neurônios. Um sapo normal, capaz de capturar moscas com grande eficiência foi submetido a uma pequena cirurgia.

Seus olhos foram girados na órbita, Esse giro provocou uma resposta interessante que nos revelou essa ligação direta entre retina e língua. Com os

olhos girados, o sapo errava a mosca. E errava muito. Se o giro feito nos olhos fosse de 180 graus, a língua podia ir para o lado oposto ao da mosca. A informação chegava distorcida pela modificação na posição do olho e o sapo jogava a língua na direção errada,

Mas, afinal, o que isso significa? Esse experimento demonstrou que essa impressão que nossa consciência nos dá de que os estímulos são processados pelo nosso pensamento e geram nossas respostas é algo restrito a áreas mais complexas do sistema nervoso. Nesse nível mais simples de processamento, não há escolha consciente, aliás, não há escolha, a resposta está diretamente ligada ao estímulo. Chamamos esse tipo de resposta, de resposta reflexa. Reflexa porque é provocada pelo próprio estímulo, assim como uma imagem no espelho só existe na presença do objeto que está sendo refletido.

Sabe quando o médico bate com um instrumento em seu joelho e a sua perna automaticamente se estica, sem que você queira, parecendo que deu um chute?

Esse é um exemplo de resposta reflexa. E há outras tantas outras respostas reflexas que executamos o tempo todo.

Processamentos na medula

O nível mais simples de processamento de informações no sistema nervoso, de respostas reflexas, está ligado à medula espinhal ou espinal, que é a porção menos complexa do sistema.

A medula espinhal é uma estrutura cilíndrica que é protegida pelas vértebras, que são ossos em cujo interior há um espaço, que é justamente onde se encontra a medula espinhal. Assim, as diferentes vértebras empilhadas linearmente umas sobre as outras constituem a coluna vertebral e formam ao centro o canal vertebral, onde a medula espinhal fica bem protegida. Nos espaços entre uma vértebra e outra, encontramos as raízes medulares dos nervos espinhais, tais nervos são formados por axônios dos neurônios que vão até cada uma das partes

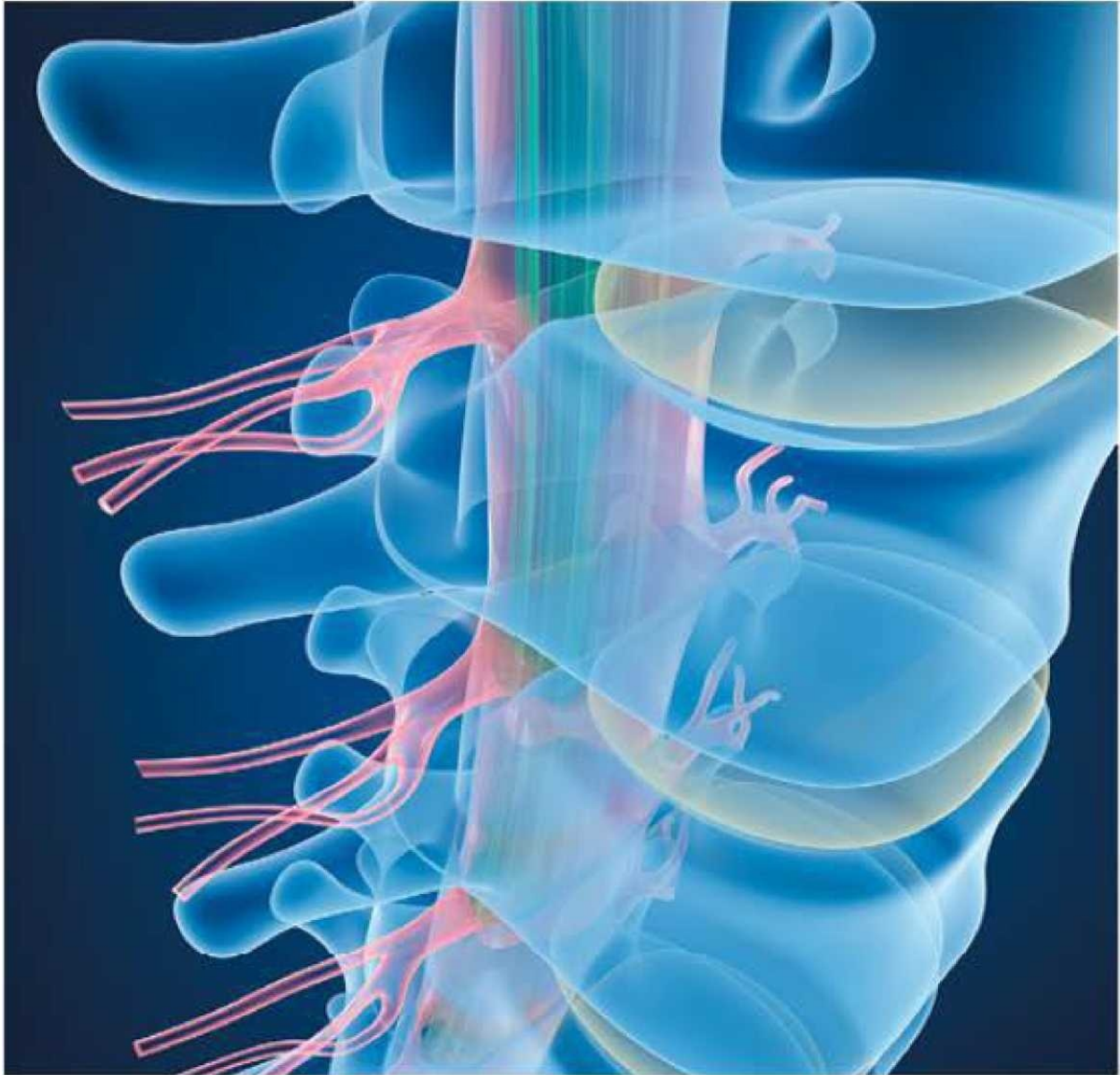
do nosso corpo.

Medula é um termo bem genérico na biologia. Várias estruturas do nosso corpo são chamadas de medula - como a medula da glândula suprarrenal, a medula dos rins ou a medula óssea, encontrada no interior de ossos e é à que nos referimos quando falamos em transplante de medula. A razão pela qual muitos tecidos são

chamados de medula é que esse é um termo originário do latim e significa "miolo". Portanto, a medula espinhal é a estrutura que encontramos no miolo da coluna espinhal.

Na medula espinhal, podem ser identificados dois tipos de substâncias. A parte mais externa dela é mais clara e é chamada de "substância branca". Já a parte interna é mais escura, chamada de "substância cinzenta". Como já mencionamos anteriormente, a substância branca é mais clara por conta da mielina dos axônios. É lá que encontramos as vias de transmissão de informação para cima e para baixo dentro do sistema. Já na substância cinzenta, encontramos corpos de neurônios, seus dendritos e pequenos axônios locais.

Podem ser os corpos dos neurônios cujos axônios estão na substância branca subindo em direção ao encéfalo ou podem ser os corpos neuronais cujos axônios estão saindo da medula pelas raízes espinhais e seguindo dentro dos nervos até várias partes do nosso corpo. E podem ainda ser pequenos neurônios que fazem a comunicação entre outros neurônios presentes na própria medula espinhal, os chamados interneurônios (lembra-se de que já falamos sobre eles?). É na substância cinzenta que o processamento da informação se dá. É ali que vamos encontrar as sinapses e a comunicação entre os diferentes neurônios. Já na substância branca prevalece a transmissão de um ponto a outro do sistema, são vias.



Medula espinhal protegida pelas vértebras

Assim como na medula, nos segmentos superiores do sistema nervoso central que formam o encéfalo vamos encontrar corpos de neurônios, dendritos e axônios com um arranjo bem organizado. Os corpos de neurônios poderão se juntar em grupos bem definidos chamados de núcleos. Um núcleo dentro do sistema nervoso é como se fosse uma porção de substância cinzenta definida e isolada de outras pela passagem de axônios entre elas, formando a substância branca, que nessa região é subdividida em vias, tratos ou feixes, nomes que se referem a tipos de trajetos. Por exemplo, imagine que um quarteirão de casas é um núcleo de corpos de neurônios, Para ir de uma casa à outra, você pode ir pela

rua, por vielas, por passagens entre os quintais ou até pulando o muro. O mesmo entre os neurônios. A comunicação entre neurônios vizinhos pode ser feita por curtos axônios. Já se eu quiser fazer uma conexão entre um quarteirão e outro (entre um núcleo de neurônio distante do outro), vou precisar usar as ruas que são o equivalente à substância branca que encontramos no encéfalo. E ainda podemos ter vias que são muito usadas e precisam ser largas avenidas para dar conta do tráfego, além de outras em que basta uma viela. Assim, quanto maior for a comunicação entre dois pontos do sistema nervoso, mais densa e robusta será a via que garante essa comunicação.

Uma dessas vias bem robustas, e que leva um nome curioso, é a responsável por transmitir toda a informação tátil originária no corpo de uma porção a outra do encéfalo. Seu nome é “lemnisco” e o significado dessa palavra tem a ver com sua origem: fita. Algumas dessas vias precisaram se expandir como uma fita em vez de ter um formato cilíndrico como a medula justamente por passarem em áreas altamente ocupadas por núcleos, tanto que ficaram espremidas e achatadas como fitas.

Resumindo, onde encontramos axônios trafegando de um ponto a outro, teremos vias, lemniscos, tratos e outros nomes que têm esse mesmo significado, que seria o equivalente a vielas, ruas, avenidas, boulevards e alamedas do sistema nervoso. Já os aglomerados de corpos de neurônios estarão geralmente agrupados em núcleos, envolvidos por massa branca, feito as casas de um quarteirão.

Mas há também outra forma dos corpos de neurônio se organizarem. Quando esses núcleos se desenvolvem muito e se tomam áreas de grande processamento de informação, podemos observar um arranjo de substância cinzenta mais espalhada. A eles damos o nome de córtex, justamente porque seu arranjo é

semelhante ao de uma casca que recobre tudo. Córtex significa casca e, assim como o termo medula, é utilizado para várias partes de nosso sistema biológico que possuem essa camada mais externa, diferenciada, que recobre um miolo. A glândula suprarrenal tem córtex, assim como os rins, o cerebelo, mas o mais famoso e conhecido é o córtex cerebral, a casca de corpos neuronais que recobre todo o cérebro e que veremos sua importância mais adiante.

Enfim, voltando à medula, cabe destacar que ela é a responsável pelo nível mais simples de processamento de informação neural, nossas respostas reflexas.

Vou precisar usar as ruas que são o equivalente à substância branca que encontramos no encéfalo. E ainda podemos ter vias que são muito usadas e precisam ser largas avenidas para dar conta do tráfego, além de outras em que basta uma viela. Assim, quanto maior for a comunicação entre dois pontos do sistema nervoso, mais densa e robusta será a via que garante essa comunicação.

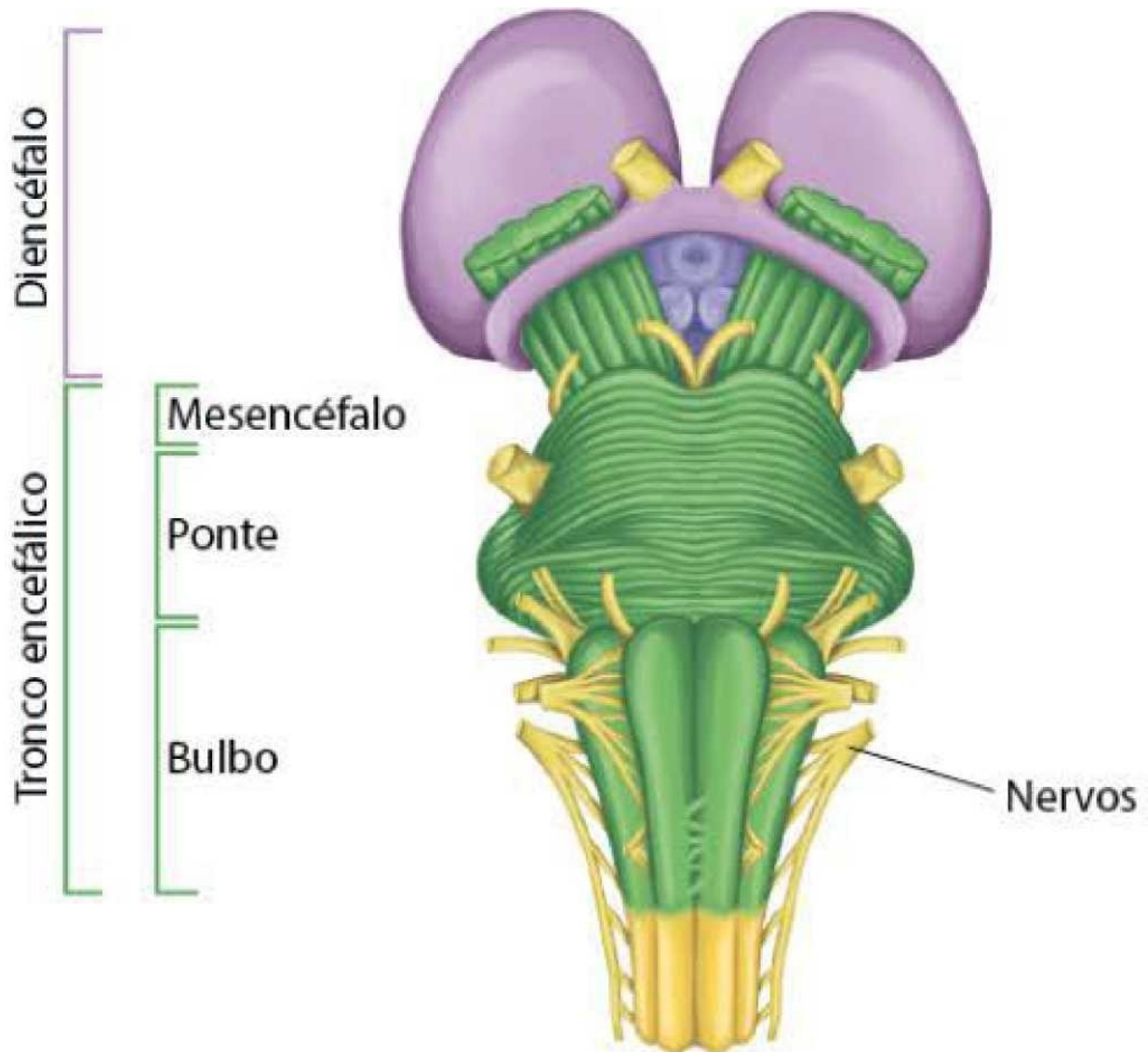
Uma dessas vias bem robustas, e que leva um nome curioso, é a responsável por transmitir toda a informação tátil originária no corpo de uma porção a outra do encéfalo. Seu nome é ‘lemnisco’⁷ e o significado dessa palavra tem a ver com sua origem: fita. Algumas dessas vias precisaram se expandir como uma fita em vez de ter um formato cilíndrico como a medula justamente por passarem em áreas altamente ocupadas por núcleos, tanto que ficaram espremidas e achatadas como fitas.

Resumindo, onde encontramos axônios trafegando de um ponto a outro, teremos vias, lemniscos, tratos e outros nomes que têm esse mesmo significado, que seria o equivalente a vielas, ruas, avenidas, boulevards e alamedas do sistema nervoso. Já os aglomerados de corpos de neurônios estarão geralmente agrupados em núcleos, envolvidos por massa branca, feito as casas de um quarteirão.

Mas há também outra forma dos corpos de neurônio se organizarem. Quando esses núcleos se desenvolvem muito e se tomam áreas de grande processamento de informação, podemos observar um arranjo de substância cinzenta mais espalhada. A eles damos o nome de córtex, justamente porque seu arranjo é semelhante ao de uma casca que recobre tudo. Córtex significa casca e, assim como o termo medula, é utilizado para várias partes de nosso sistema biológico que possuem essa camada mais externa, diferenciada, que recobre um miolo, A glândula suprarrenal tem córtex, assim como os rins, o cerebelo, mas o mais famoso e conhecido é o córtex cerebral, a casca de corpos neuronais que recobre todo o cérebro e que veremos sua importância mais adiante.

Enfim, voltando à medula, cabe destacar que ela é a responsável pelo nível mais simples de processamento de informação neural, nossas respostas reflexas.

Processamentos no tronco encefálico



Tronco encefálico: ponte, bulbo e mesencéfalo.

Em um nível um pouco mais elaborado, estão os processamentos do tronco encefálico. O tronco encefálico é a parte mais primitiva do encéfalo. Lá encontramos vários núcleos responsáveis pelo controle dos movimentos da face e do pescoço, incluindo a mastigação, deglutição, expressões faciais. Esses núcleos também são responsáveis pela sensibilidade dessa mesma região e respondem pela transmissão de sinais da língua, fornecendo elementos para a gustação e de toda nossa sensibilidade tátil, de temperatura e de dor relacionadas à face. Tais núcleos são os núcleos dos nervos cranianos. Seus axônios saem do encéfalo e vão para várias partes da cabeça, pescoço e até mesmo para lugares distantes como intestinos. Também encontramos outros núcleos que processam

informações que vêm de diferentes partes do corpo e ajudam a organizar e a controlar os batimentos cardíacos, a pressão do nosso sangue, o ritmo da respiração, entre outras funções essenciais para nossa sobrevivência.

No bulbo - região mais baixa e primitiva do tronco encefálico - é que estão diferentes núcleos envolvidos com reflexos para a mastigação e deglutição que dependerão da consistência e do posicionamento do alimento na boca para determinai1 se é hora de mastigar ou deglutir. Mesmo quando a criança ainda não sabe mastigar alimentos, esses núcleos do bulbo já irão se encarregar do reflexo de sucção para a amamentação, permitindo que o bebê se alimente. Também existem núcleos específicos para responder a diferentes estímulos que influenciam o controle de nossa pressão arterial e da respiração. Nesse nível de controle, os processamentos ainda são simples e primitivos, as respostas não têm uma característica antecipatória. É necessário que a mudança ocorra, gere um sinal sensorial e só daí em diante é que a resposta será realizada.

Por exemplo, quando estamos deitados há algum tempo e levantamos rapidamente, a mudança brusca na posição do corpo, sem preparação, muitas vezes é suficiente para que seja feito um ajuste na força dos batimentos cardíacos e na tensão dos vasos sanguíneos para garantir que, na nova posição do corpo, o seu encéfalo continue recebendo a quantidade de sangue necessária, Mas, em alguns momentos, por várias razões, como um jejum prolongado, por exemplo, a resposta reflexa não ocorre de forma tão rápida e eficiente como deveria e você experimenta aquela sensação desconfortável de visão turva e

sensação de que irá. perder o equilíbrio e a consciência. Em casos mais graves, o indivíduo pode chegar até mesmo a desmaiar,

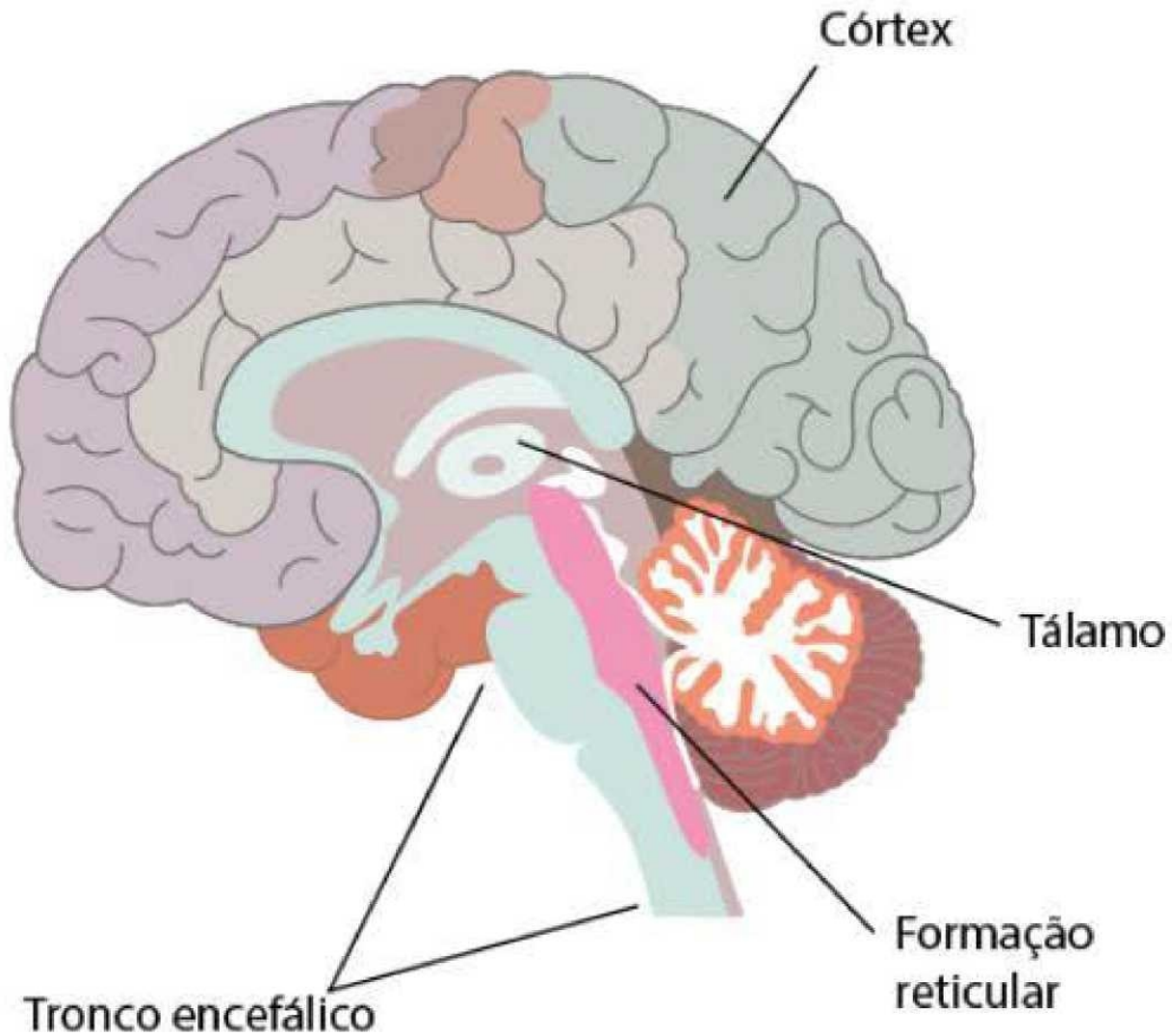
É bastante comum que isso aconteça quando mudamos a posição corporal drasticamente, saindo de uma condição onde é fácil o sangue ir para o cérebro porque a cabeça está na mesma altura ou abaixo do coração e passando para uma posição na qual a cabeça fica acima do coração, Nessa condição, o sangue tem que vencer a gravidade para fluir com a pressão adequada pelos vasos sanguíneos cerebrais. Chamamos isso de hipotensão ortostática, que é um nome técnico para definirmos uma pressão abaixo do normal quando ficamos em pé.

Mas por que isso ocorrer Porque a resposta para ajustarmos a pressão está dependendo apenas da informação sensorial proveniente dos vasos sanguíneos que informam ao sistema que a pressão caiu. Quer dizer, é necessário que a

pressão caia para que depois seja feito o ajuste. Sendo o sistema nervoso extremamente sensível a variações no seu suprimento de energia, basta que a pressão caia por um segundo para que alguns neurônios já não funcionem corretamente. Mesmo que a gente não chegue a desmaiar, pode-se sentir a queda da funcionalidade dos neurônios, Isso ocorre porque esse é uma sistema mais simples de processamento, baseado em respostas de retroalimentação do próprio sistema, também conhecidas como feedbacks. As respostas não se antecipam à mudança que irá ocorrer e, portanto, não protegem o sistema adequadamente.

Algo semelhante ocorre com a respiração. É necessário que ocorra uma variação na quantidade de gases respiratórios no sistema, gás carbônico e oxigênio, para que seja estimulado um movimento respiratório. No entanto, se formos iniciar um exercício físico e o sistema estiver pronto para isso ou se uma resposta de ataque ou fuga for estimulada por uma informação já conhecida, esses ajustes de respiração e de pressão sanguínea estar ao ocorrendo ao mesmo tempo em que a demanda muscular, cardíaca e cerebral aumentar, Esse tipo de resposta é conhecido como resposta antecipatória ou feed-forward, e já é um pouco mais elaborado.

O tronco encefálico é dividido em bulbo, ponte e mesencéfalo sendo o primeiro mais simples e o último mais complexo. O bulbo representa quase que uma continuidade da medula espinhal em termos de organização estrutural. Já na ponte encontramos núcleos mais complexos que coordenam funções que necessitam de um maior número de informações sendo processadas simultaneamente para que sejam coordenadas adequadamente. E no mesencéfalo a complexidade aumenta ainda mais. Também em todas essas regiões do tronco encefálico há o encontro das informações mais simples com outras que estão sendo processadas e geradas por neurônios originários de porções mais complexas do encéfalo. Um exemplo interessante disso é o controle de nossa



temperatura corporal.

Formação reticular

Ainda no tronco encefálico, atravessando ponte e bulbo pela região mais central, temos uma rede de neurônios menos organizada que é chamada de

"formação reticular". Essa área é responsável por manter todo o encéfalo ativo e seu funcionamento implica direta mente em nosso estado de vigília ou sono, por exemplo. Lesões na formação reticular geralmente são fatais, mas felizmente são raras já que essa região é muito protegida anatomicamente, ficando bem no centro da cabeça.

Os neurônios da formação reticular são dispostos como em uma rede, uma

espécie de teia de aranha, e sustentam uma circuitaria responsável por ativar várias áreas cerebrais. A formação reticular auxilia na montagem de um estado geral das vísceras e músculos. Imagine que você acaba de almoçar um prato de comida. Nesse momento, você vai ter uma grande ativação de circuitos de acetilcolina, cujo objetivo é fazer com que todas as suas vísceras entrem em uma atividade condizente com o que você acaba de fazer comer um monte. Você ficará até mesmo sonolento e preguiçoso. E, quando isso acontecer, você até pode colocar a culpa na sua formação reticular. Mas, se você estiver numa situação completamente oposta, precisando ficar bem ativo para chegar no horário em um compromisso, se defender de alguma agressão ou mesmo após aquela fechada que levou no trânsito em que ficou morrendo de raiva, sua formação reticular irá provocar um tipo de ativação que irá promover as condições viscerais apropriadas para essa resposta. São comportamentos completamente diferentes em resposta a distintas necessidades de adaptação ao meio externo.

Se você pensar em um animal simples, com uma vida bastante estereotipada e com um repertório de comportamento significativamente limitado, como o já citado sapo, por exemplo, você verá que não há muito mais na vida de um sapo do que ficar preso à lagoa, comendo, se protegendo e reproduzindo. Para selecionar um desses poucos comportamentos no seu pequeno arsenal, não precisa de nada muito complicado. Basta ter umas quatro ou cinco opções que considerem o quanto ele está alimentado, se existe algum perigo no ambiente, se a situação é propícia para a reprodução e nada muito além disso. Porém, quanto mais vasto for o repertório comportamental de um animal, maior será a necessidade de sistemas que estimulem uma resposta ou outra. Não basta liberarmos um neurotransmissor por todo o lado. É necessário que os circuitos estimulados sejam aqueles que foram selecionados por aprendizado na relação com o ambiente.

No entanto, vale ressaltar que, mesmo em animais com maior repertório comportamental, como nós humanos, a formação reticular vai dar o tom do comportamento. Assim, se tivermos uma boa quantidade de um determinado

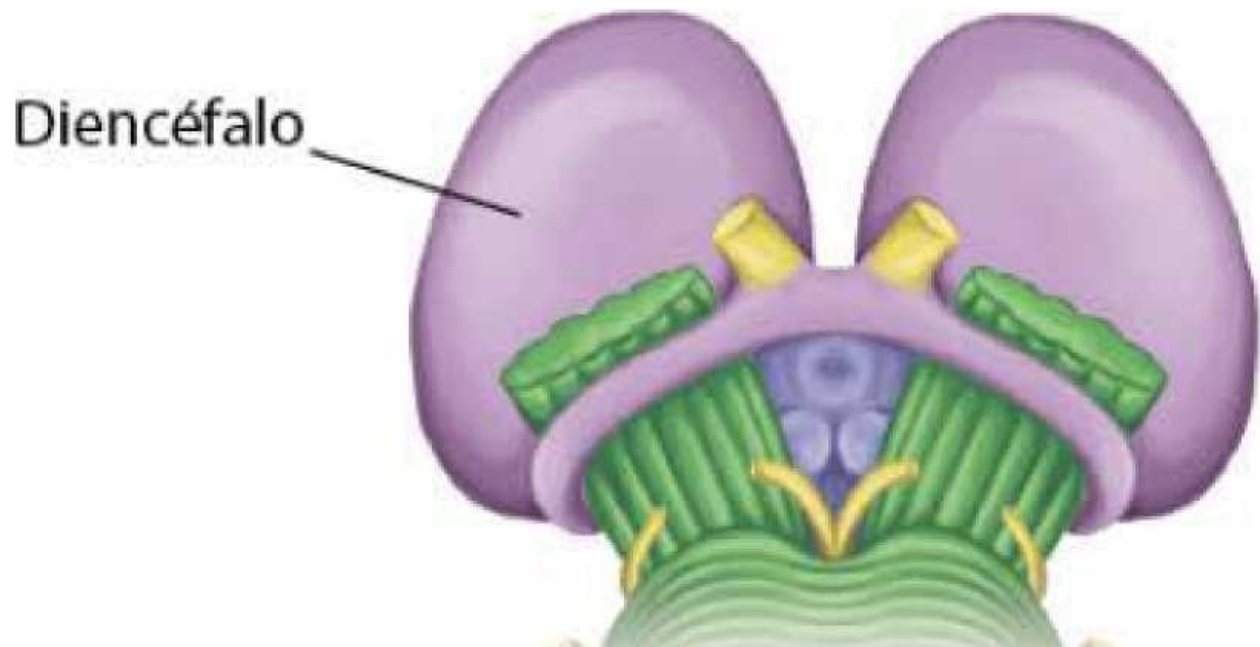
neurotransmissor sendo liberada pelos neurônios da formação reticular em várias áreas do cérebro e do cerebelo, isso induzirá a que um determinado tipo de comportamento seja executado. A se roto nina, por exemplo, está muito associada a comportamentos em que os animais realizam quando estão bem alimentados e em segurança. Podem se dedicar a executar mecanismos de

autolimpeza ou comportamentos sociais. Já uma boa liberação de dopamina irá selecionar comportamentos motivados, que estão ligados à obtenção de alimento ou de um parceiro sexual.

Então, apesar desses comportamentos serem dependentes da atividade de estruturas mais desenvolvidas do cérebro (propriamente dito) o tronco encefálico pode auxiliar criando um ambiente e induzindo que determinados comportamentos sejam selecionados. Mas é importante ressaltar que a formação reticular do tronco encefálico não está trabalhando por conta própria. Ela fica em uma posição privilegiada, por onde passam todas as informações sensoriais que chegam ao nosso corpo e também todas as comunicações do córtex cerebral com o cerebelo e vice-versa, por isso,, o tronco encefálico é muito influenciado por tudo que vivemos. Quanto mais complexo for o sistema nervoso em questão, mais informações precisarão ser compiladas e levadas em consideração para que esse pano de fundo único seja gerado pela formação reticular e auxilie os processamentos superiores das informações.

Você já pode ter ouvido por aí que nossas decisões são tomadas de forma inconsciente no cérebro reptiliano, nas estruturas mais primitivas do encéfalo, Esse é um conceito bastante simplista, derivado de uma teoria antiga de Paul MacLean. Para ele, o encéfalo era dividido em três grandes partes: cérebro réptil (instintivo), cérebro límbico (emocional) e neocórtex (racional). Nessa abordagem, o tronco encefálico representava o cérebro reptiliano. Antes de mais nada, é preciso alertar que há um erro na tradução desse nome, o que o MacLean queria dizer era encéfalo reptiliano, já que essa não é uma estrutura cerebral e sim encefálica, mas tal tradução errada já se espalhou. No entanto, mesmo considerando que seja o encéfalo reptiliano, não podemos dizer que ele é o responsável pela tomada de decisão inconsciente.

Fala-se isso justamente porque, como o tronco encefálico gera essa espécie de pano de fundo para o funcionamento cerebral, alguns pesquisadores defenderam a ideia de que esse pano de fundo já seria determinante para a tomada de decisão, Mas isso não parece ser assim tão simples, Esse pano de fundo gerado pela formação reticular apenas cria um ambiente, mas são os processamentos superiores que irão produzir essa ativação da formação reticular e também que vão selecionar qual dos comportamentos é o melhor para aquela situação específica, quer dizer, para a tomada de decisão naquele momento. Por hora, vale

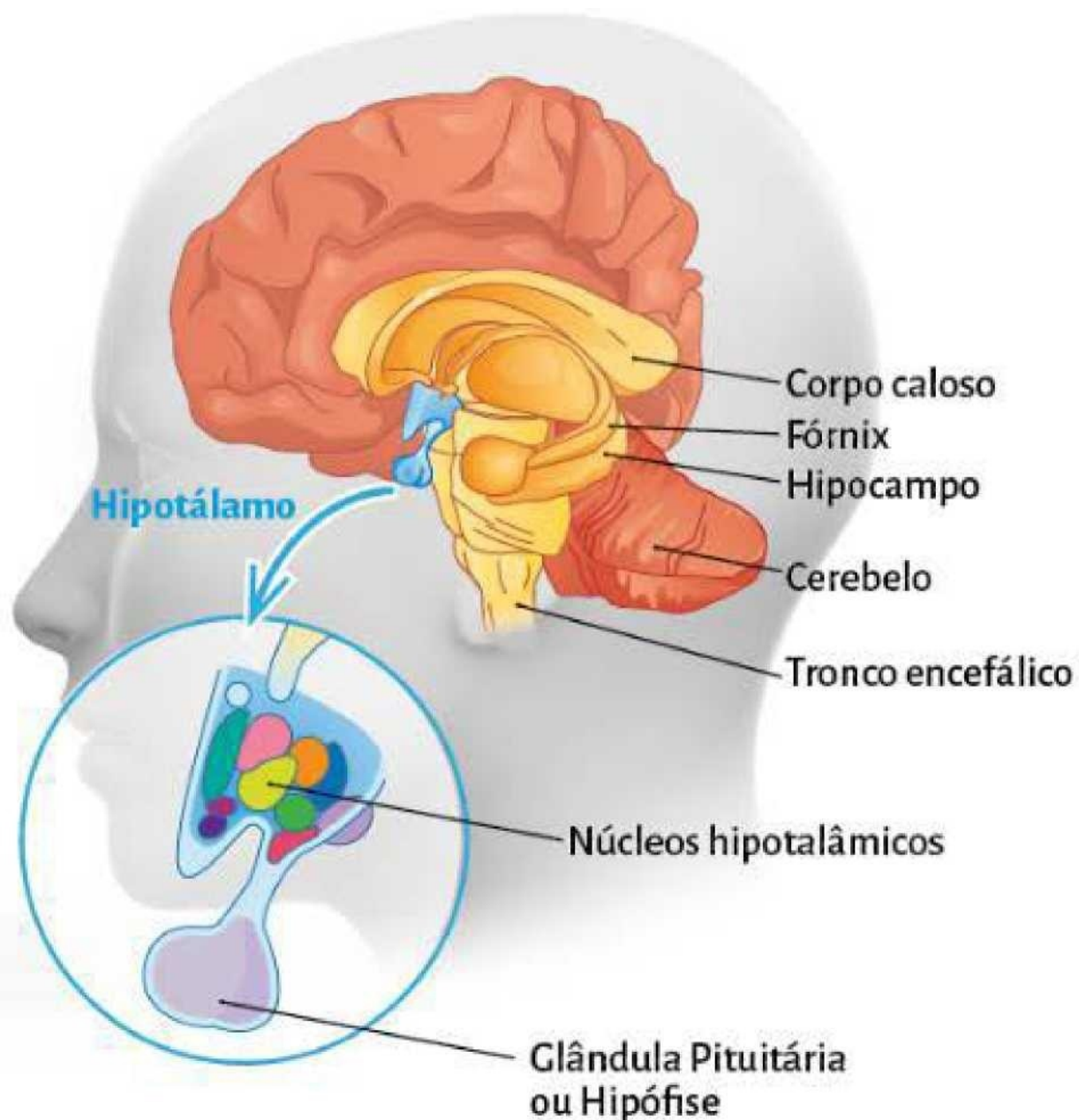


ressaltar que há diferentes níveis para a tomada de decisão e essa é a parte mais interessante dessa história, comoveremos adiante.

Processamentos no diencéfalo

Processamentos no diencéfalo.

Agora, vamos dar uma olhada em uma estrutura mais complexa, que já fica em uma região do cérebro propriamente dito, que é a região mais desenvolvida do encéfalo. No entanto, o cérebro propriamente dito se divide em diencéfalo e telencéfalo, sendo que o primeiro é menos desenvolvido, mais antigo evolutivamente e tem processamentos menos complexos do que o segundo. Esta estrutura a que nos referimos, o hipotálamo, fica no diencéfalo, Lá já temos processamentos bastante importantes.



Hipotálamo & glândula pituitária.

O hipotálamo é composto por vários núcleos e cada um desses núcleos está envolvido com algum tipo de comportamento. Nessa região, há neurônios que são responsáveis por regular quase toda a nossa atividade endócrina, nossos hormônios. E essa integração entre sistema nervoso e sistema endócrino é uma das mais importantes para o funcionamento adequado do organismo. Esses dois sistemas são responsáveis por regular todas as atividades do nosso organismo e o hipotálamo é o responsável por integrar essas atividades.

O aspecto mais interessante do hipotálamo é que ele é também um importante órgão sensorial. Isso mesmo: sensorial! Por seu posicionamento central no encéfalo, esses núcleos do hipotálamo estão em íntimo contato com o líquido cefalorraquidiano. Esse líquido é produzido a partir de sangue, mas não é igual: é uma espécie de filtrado que tem uma composição específica e bastante equilibrada. Além disso, na região do hipotálamo, diferentemente de outras partes do encéfalo, há uma maior chance dos neurônios entrarem em contato com a composição do próprio sangue. Esse contato íntimo do hipotálamo com esses líquidos faz com que os neurônios do hipotálamo recebam informações privilegiadas sobre o que está acontecendo no corpo todo.

Essas informações são muito importantes, por exemplo, para influenciar o comportamento alimentar do indivíduo baseado na quantidade de energia que está disponível ou para a produção de energia para regular a temperatura corporal, a partir de informações sobre a temperatura sanguínea - capacidade que apenas as aves e os mamíferos têm. Quando precisamos reter calor, neurônios do hipotálamo avisam sobre essa necessidade para o tronco encefálico que modifica várias atividades de nossos órgãos para que consigamos produzir mais calor e evitar a perda dele através da pele.

Os répteis, por exemplo, não possuem esse sistema já que seus cérebros são muito pouco desenvolvidos e, quando se encontram em ambientes frios, acabam perdendo calor, o que implica em menor chance de sobrevivência. Essa fragilidade não impediu os répteis de se adaptarem, mas determinou que o comportamento desses animais garantisse que ambientes com oscilação de temperatura fossem evitados, limitando a capacidade deles de obtenção de alimento e a garantia de segurança.

Nos humanos, além da capacidade de adequar a temperatura, esse mecanismo do hipotálamo também permite esquentar o corpo mais do que o normal caso haja alguma infecção - o que chamamos de febre, função de suma importância

para combater bactérias que teriam maior chance de sobrevivência se mantivéssemos a temperatura corporal normal.

Nesse nível de processamento de informações já acontecem coisas incríveis!

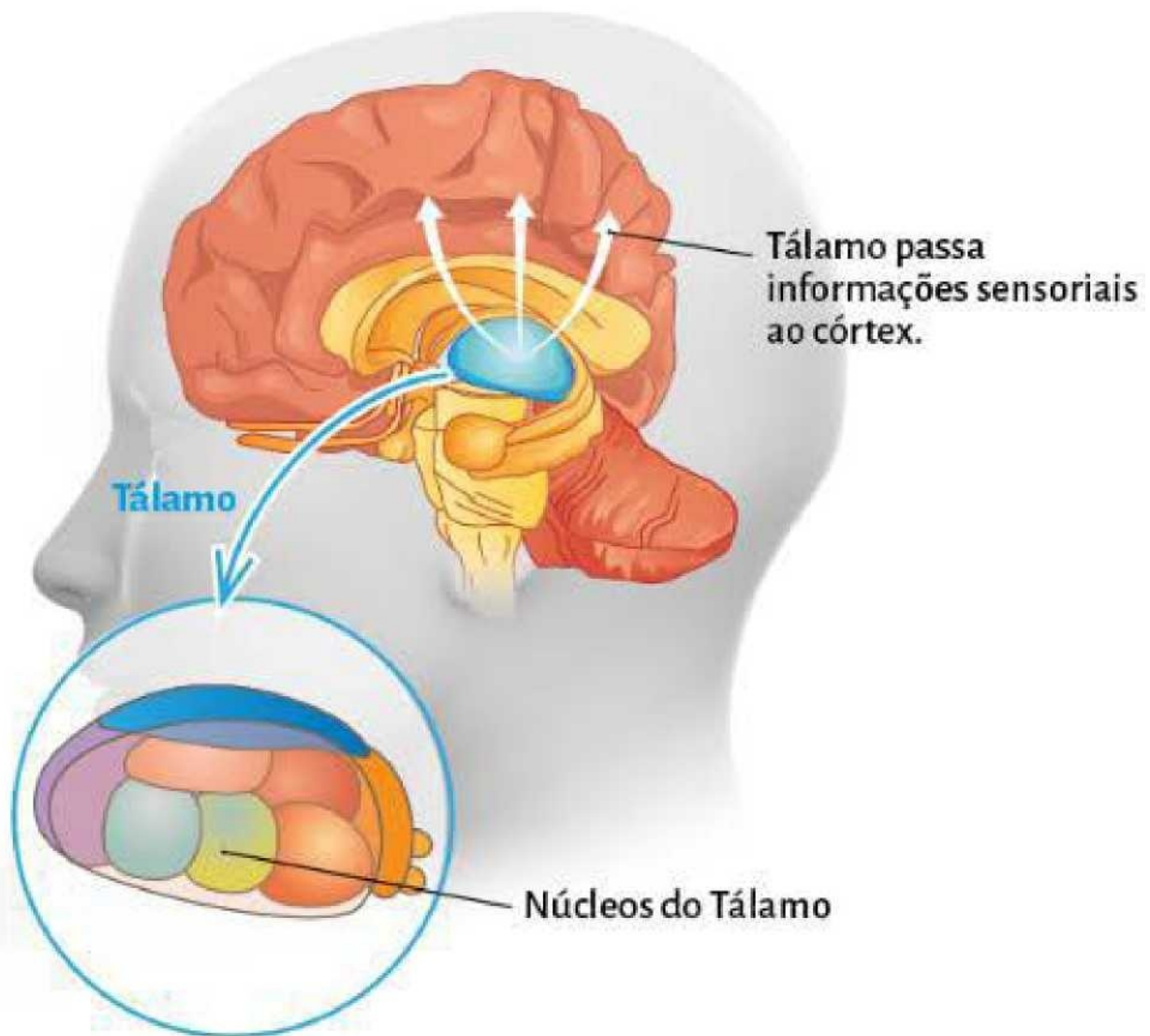
Os neurônios do hipotálamo podem saber qual é a estação do ano em que estamos. Em alguns animais como cabras e ovelhas, essa função do hipotálamo

regula a reprodução desses animais. Para garantir que terão suas crias na primavera, elas só entram no cio e estão propícias para a reprodução durante o outono. E como isso acontece? À medida que a quantidade de luz de cada dia é menor, dia após dia, os neurônios hipotalâmicos identificam essa informação e sinalizam para o sistema hormonal que produza os hormônios necessários para que as fêmeas ovulem e se tornem receptivas aos machos. Isso garante que a reprodução ocorra na época certa.

Mas vamos deixar as cabras e ovelhas de lado e pensar em um exemplo que tenha a ver com você. Seu hipotálamo se acostuma com a disponibilidade de alimentos do seu ambiente. Caso você entre em uma dieta e permaneça nela por vários dias, ele irá produzir cada vez menos impulsos de fome. Isso ocorre porque ele se adapta à menor disponibilidade de alimentos e fica esperando que o período de vacas gordas retorne. Aí, quando você sai da dieta e tem alimentos disponíveis, a fome vem triplicada porque o seu sistema está em busca de recuperar o tempo perdido e retomar as reservas energéticas de antes. Esse é o motivo principal para o chamado efeito sanfona que vemos em tantas dietas.

O hipotálamo é, na verdade, um conjunto de vários núcleos que cresceram tanto que acabaram se fundindo em uma única estrutura. Esses núcleos são responsáveis por uma infinidade de funções: regulam muitas das funções hormonais, a sede e a fome, o comportamento sexual, o comportamento maternal e até mesmo a taxa de produção de urina. O conjunto de estruturas do hipotálamo nos humanos ampliaram significativamente o repertório comportamental e a possibilidade de adaptação em ambientes distintos. O

desenvolvimento dessa estrutura, ao longo do processo de evolução do sistema nervoso, foi um ganho substancial na construção dos chamados comportamentos motivados.



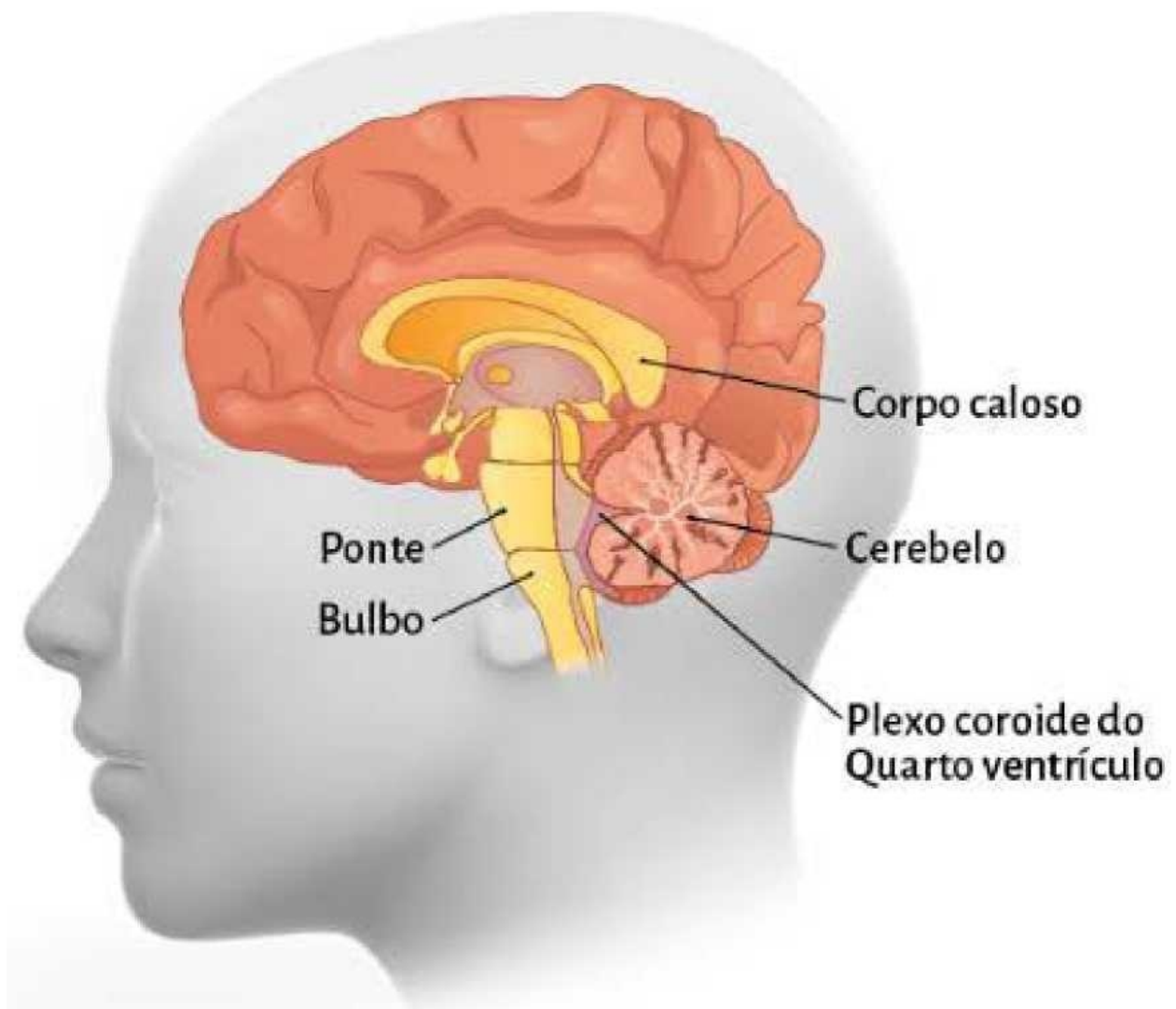
Tálamo

Outra estrutura importante do diencefalo quando se fala de processamento de informação é o tálamo, como vimos anteriormente. O tálamo também é um conjunto de núcleos que acabaram se fundindo porque se desenvolveram muito, mas sua função é um pouco diferente daquela do hipotálamo. O tálamo também regula o comportamento humano baseado em informações do ambiente, mas reações com porta mentais provocadas pelo tálamo têm maior complexidade e maior velocidade. O tálamo, em conjunto com outras estruturas cerebrais altamente complexas, como o córtex cerebral e os núcleos da base, organiza nossos comportamentos intencionais voluntários. Quase todas as informações sensoriais passam por ele antes de seguirem para o córtex, ele qualifica tais entradas sensoriais e ativa circuitos em loopings com o córtex para dar

significado para as informações. O processamento no tálamo e sua relação com o córtex é de alta complexidade.

Processamento cerebelar

O Cerebelo é composto por alguns núcleos no seu interior e uma enorme quantidade de neurônios dispostos em camadas pelo córtex cerebelar. Como veremos adiante, o cerebelo participa de processamentos do sistema motor, ou seja, está ligado diretamente à movimentação do nosso corpo, à coordenação e temporização do movimento. Além disso, o vestíbulo cerebelar, porção mais antiga do cerebelo, em conjunto com áreas do tronco encefálico, é fundamental para a manutenção do equilíbrio e de ajustes posturais. Desde o ato de mantermos a cabeça firme sobre o pescoço, nos sentarmos ou ficarmos em pé são ajustes reflexos que executamos o tempo todo. Os circuitos neurais necessários para executar esses reflexos usam inúmeras informações sensoriais provenientes de nossos músculos e articulações. Para que as diferentes respostas reflexas necessárias para nos mantermos em equilíbrio possam ser executadas, vamos precisar de um sistema que envolve o cerebelo e o tronco encefálico.



Cerebelo

A estrutura do cerebelo permite que a montagem do circuito seja bastante influenciada pelo resultado que o sistema quer alcançar. Isso é fácil de compreender quando o assunto é o equilíbrio. O resultado desejado é permanecer em pé, certo? O cerebelo se encarrega de selecionar aqueles circuitos que têm uma maior probabilidade de promover o resultado desejado. E, com o tempo, à medida que vou atingindo o resultado desejado, os circuitos que garantem respostas com maior chance de sucesso vão ficando mais fortes. Pense na criança que está aprendendo a andar. Vai demorar um tempo até conseguir ficar equilibrada em diferentes situações com o mesmo grau de sucesso. Porém, em menos de um ano, ela vai encarar diferentes desafios como chão firme, chão irregular, areia, pedregulhos, estar descalça, de chinelos ou de tênis, solado liso ou antiderrapante com a mesma proficiência.

O vestibulo cerebelo também está envolvido com movimentos que foram treinados e automatizados. Já outras áreas do cerebelo, como o espino-cerebelo e cerebro-cerebelo, atuam em conjunto com o córtex e são responsáveis pela organização dos movimentos voluntários, envolvendo tomadas de decisão e processamentos bastante complexos.

Vale ainda lembrar que pesquisas recentes apontam o cerebelo envolvido não só em processamentos motores, mas emocionais, cognitivos e afetivos, tendo forte ligação com a aprendizagem e com a detecção de erros, bloqueando os circuitos que apresentaram o erro e favorecendo novas tentativas em direção ao acerto.

Processamentos no córtex e núcleos da base

Quando entra em ação o telencéfalo, somado ao tálamo e às regiões mais desenvolvidas do cerebelo, temos um sistema extremamente eficiente de processamento de informação, que compila diferentes informações e em grande número, é altamente discriminativo e pode modificar uma resposta com base em pequenas diferenças de sinal para melhor adaptação ao ambiente. O telencéfalo, que inclui o córtex cerebral e os núcleos base (que são núcleos subcorticais próximos ao tálamo), é capaz de processamentos bastante complexos, utilizando áreas e circuitos que levam em consideração múltiplos sinais, as inúmeras e simultâneas variações do ambiente externo e interno do indivíduo: vivências, pensamentos, informações sensoriais, proprioceptivas, memórias... Tudo junto e misturado nos processamentos mais desenvolvidos! Como se apresentam o mundo de fora e o mundo de dentro irá impactar no processamento telencefálico e nas respostas que poderemos dar a esses estímulos, O sistema de

processamento telencefálico humano é top de linha. não há outro tão eficiente.

O córtex cerebral é uma camada fina de massa cinzenta (formada por corpos de neurônios) que recobre todo o cérebro e possui uma quantidade espantosa de neurônios em franca comunicação, Essa substância cinzenta do cérebro - o córtex - encontra-se total mente dobrada sobre si mesma. Com o crescimento evolutivo do cérebro, para que ganhássemos mais massa cerebral, foi mais fácil dobrá-lo dentro do crânio para aumentar sua superfície do que aumentar o tamanho do crânio, o que também poderia dificultar o equilíbrio da cabeça.

Imagine que o cérebro precisa de uma determinada área como uma folha de papel, se você amassar essa folha e fizer uma bola, ela tem a mesma área, mas

num espaço reduzido. Assim como o córtex humano. Outros animais têm cérebros com menos circunvoluções, como o rato ou o gato, por que não necessitaram desse aumento absurdo de massa cinzenta para se adaptarem. Os estudos de Suzana Herculano-Houzel, renomada neurocientista brasileira, demonstraram que a razão para termos circunvoluções está direta mente associada com a densidade de neurônios em cada região. À medida que foi aumentando o número de neurônios por centímetro cúbico de córtex, mais dobraduras ocorreram no mesmo, e maior foi a potência de processamento de informações.



Papel amassado, assim como o cérebro com sulcos e giros, ocupa menos espaço, mantendo a área.

Assim, com as dobras do cérebro humano, surgem as saliências - que são chamadas de giros - e as reentrâncias - que são chamadas de sulcos.

Quase como montes e vales que avistamos da janela de um avião em uma viagem. E esses montes e vales - giros e sulcos - servem como pontos de

referência para a localização das partes do córtex e para nomenclatura delas, dividindo o cérebro em lobos especializados - frontal, temporal, occipital e parietal - como veremos mais adiante. Giros e sulcos ajudam a delimitar a geografia do cérebro.

Abaixo do córtex, temos uma área densa de substância branca (que contém muitas vias mielinizadas responsáveis pelo transporte das informações envolvidas no complexo processamento cerebral) e os núcleos da base. Os núcleos da base são conjuntos de corpos de neurônios imersos nessa substância branca do cérebro, que é muito vasta porque promove a comunicação do córtex cerebral com outras estruturas cerebrais e com o restante do sistema nervoso central, incluindo o tronco encefálico e a medula. Assim, grande parte dos hemisférios cerebrais é composta por substância branca. Os núcleos da base têm relação

com

comportamentos

habituais,

comportamentos

voluntários

inconscientes (em anuência com nossa vontade, mas sem a consciência), como veremos mais adiante.

Voltemos, então, ao sapo da lagoa e à mosca. Podemos dizer que, se o sapo tivesse um telencéfalo (mas ele não tem), ele poderia discriminar uma mosca da outra por pequenas listras em seu dorso ou por um som um pouco mais agudo das asas ao voar e poderia escolher a melhor mosca, a mais apetitosa, a que sacia mais, a que está com vontade de comer naquele momento. Isso significa dizer que, podendo processar e discriminar melhor as informações que têm disponíveis, os animais também desenvolvem comportamentos melhor adaptados. E essa é a grande vantagem dos animais mais complexos como os mamíferos e, principalmente, os humanos.

Agora, após esse mapeamento das principais estruturas envolvidas no processamento de informações neurais, é possível perceber que temos desde os

processamentos mais simples e reflexos promovidos pela medula, passando por processamentos um pouco mais elaborados no tronco encefálico, até chegar às estruturas cerebrais (do cérebro propriamente dito) que estão envolvidas nesse processamento bem mais complexo. Lembrando que fazem parte do cérebro as estruturas do diencefalo, entre elas destacamos o tálamo e o hipotálamo, e o telencefalo, que engloba os núcleos da base e as substâncias branca e cinzenta do cérebro. Essas estruturas cerebrais são o baú do tesouro no mapa do processamento neural!

Capítulo 5

A rota da sensibilidade: o sistema sensorial e a interação com o ambiente

Já parou para pensar quantas informações recebemos do ambiente ao mesmo tempo? O som da conversa dos colegas de trabalho, do carro que passa na rua; o gosto do chiclete ou de um biscoito adocicado na boca; o perfume da moça que passa pelo corredor, o cheirinho de pão saído do forno da padaria ao lado; o calor do asfalto subindo nos dias quentes; os painéis luminosos, os cartazes, as cores, as fisionomias das pessoas com quem nos encontramos; a dor do joelho esfolado, o ronco de tom na barriga... Quanta informação nós recebemos a todo instante!

Uma das funções mais importantes do nosso sistema nervoso é a construção de uma representação interna sobre os eventos externos que seja tão fidedigna quanto possível, para que possa resultar em ações mais rápidas e eficientes. Esta representação é a fonte de informações necessárias para que executemos as respostas motoras adequadas para cada situação da nossa vida. Isto implica em monitorarmos o tempo todo a temperatura ambiente, a posição do nosso corpo, as possíveis ameaças, oportunidades, danos e ganhos.

Quando o sistema nervoso processa as sensações de forma eficiente, respostas adaptativas são geradas de forma que a pessoa consegue lidar melhor com o ambiente. O encéfalo organiza as informações como um maestro gerencia seus instrumentistas, coordenando e organizando estímulos para que produzam respostas mais adequadas para cada situação: para que se faça música!

Interpretar sensações é um aprendizado que começa ainda dentro da barriga e que vamos desenvolvendo ao longo da vida. Vale ressaltar que o sistema sensorial está diretamente interessado naquilo que muda, no estímulo diferente,

na condição instável. Um barulho repentino, uma luz que acende, um toque, algo que passa, um cheiro que chega... Tudo isso chama a nossa atenção. Às vezes, até um silêncio repentino. Pense, por exemplo, no bebê que dorme no meio de uma festa barulhenta, com som alto, sem se incomodar, Mas se, por um instante, a música desliga, o bebê acorda imediatamente. A mudança é captada pelo nosso sistema, nos acostumamos com os estímulos que permanecem. Pense em quando entramos em uma piscina gelada e isso causa bastante incômodo no início, mas logo nos acostumamos com a temperatura e deixamos de notar a água. Ou quando colocamos um objeto no colo, a princípio, sentimos que ele está lá, depois, nos esquecemos, até chegando a levantar sem segurá-lo, derrubando-o no chão.

Os estímulos contínuos não são considerados tão importantes e podem ser, inclusive, tidos como irrelevantes. Isso porque o sistema nervoso está pronto para a reação a mudanças e estas são circunstâncias que merecem atenção e resposta imediata por serem potencialmente perigosas ou recompensadoras, O

indivíduo, para estar plenamente adaptado, precisa reconhecer estas diferenças no ambiente rapidamente e ter um arsenal comportamental preparado para elas.

Isto é o que garante sua maior adaptabilidade.

Vale ressaltar ainda que nem todas as informações que recebemos do ambiente ou do nosso corpo são conscientes. Já passou pela experiência de colocar o aparelho no bolso de trás da calça e não sentir quando ele vibrou? E por que será que algumas vezes você ouve alguém falando o seu nome e isso na mesma hora capta a sua atenção, mesmo quando não era pra você e, em outras, quando alguém chama por você, demora a perceber? A grande questão aqui é: por que algumas informações são captadas por nós e outras passam despercebidas?

Como já dissemos anteriormente, o sistema nervoso é um sistema de processamento de informações, A todo instante, chegam a ele uma enorme quantidade delas, tanto do ambiente externo quanto do interior do corpo. E nem todas as informações que detectamos no ambiente externo ou no nosso corpo se tornam conscientes. Por exemplo, você pode estar ouvindo uma conversa enquanto lê um livro, mas não está prestando atenção nela, essa informação não está chegando à sua consciência e você sequer sabe do que se trata apesar do som da conversa ser perfeitamente audível. Ou então pense na sua pressão

sanguínea. Ela permanece a maior parte do tempo muito bem regulada às suas necessidades corporais. Mas como? Você deve a estabilidade dela a um conjunto de receptores presentes nas suas grandes artérias, que estão ali justamente para detectar se há variações na sua pressão e estimular seu sistema nervoso a responder a essas variações para manter sua pressão devidamente ajustada.

Porém, você não tem consciência disso.

Então, a razão para que esses eventos estranhos - em que algumas coisas são percebidas e outras não - aconteçam está diretamente ligada à forma como o sistema nervoso funciona, aos mecanismos que ele tem de obtenção de informação e ao fato de que a nossa consciência limita-se a apenas parte da informação que recebemos.

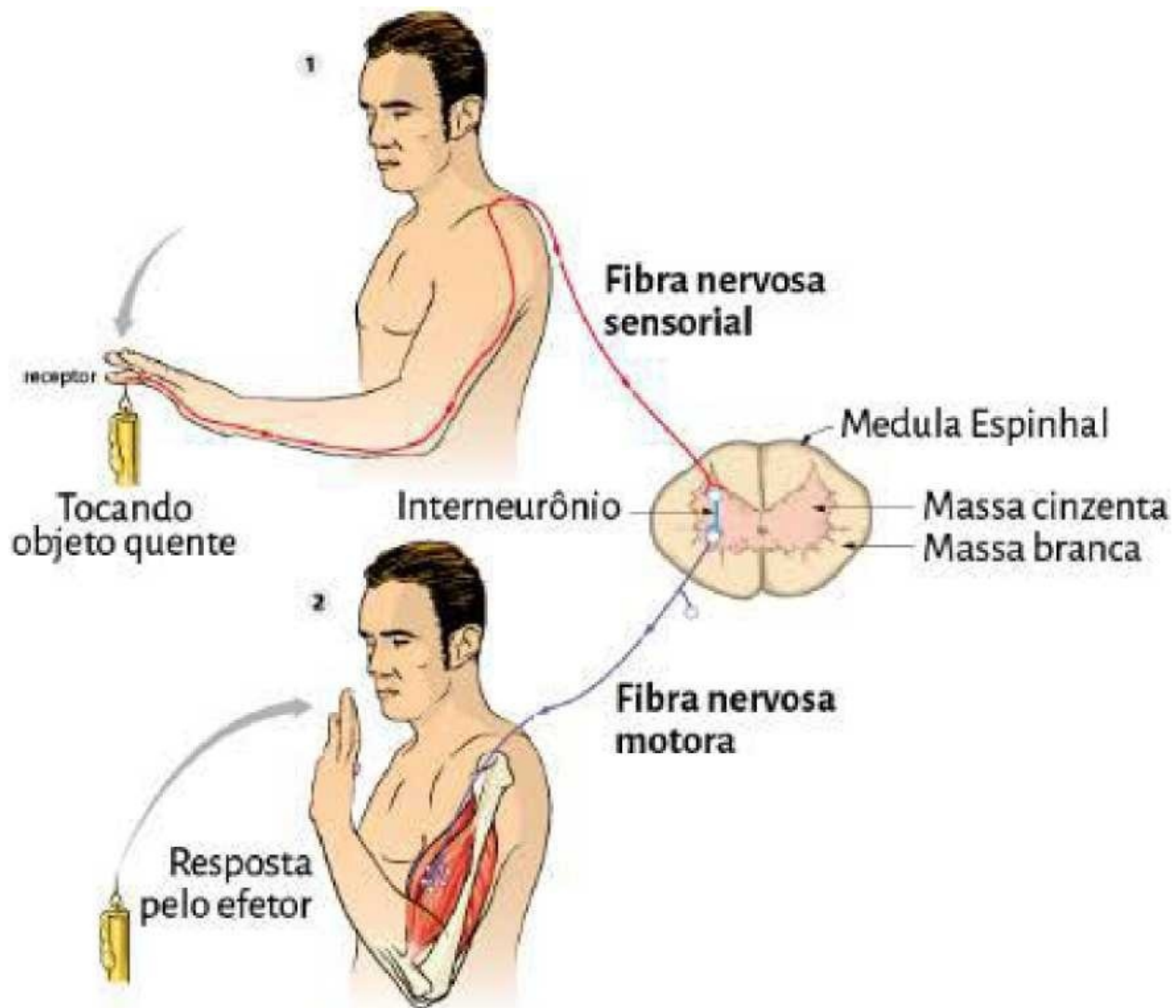
Sensação e ação

Você se lembra quando comentamos que há "estradas de ida" para o sistema

nervoso central e "estradas de volta"? As "estradas de ida" são formadas por neurônios especializados na sensação - captação de diferentes tipos de energia do ambiente e transformação em energia elétrica que é legível pelo sistema - e também por neurônios que fazem o transporte dessa informação sensorial até o sistema nervoso central. Essas vias de ida são chamadas vias aferentes e fazem parte do sistema sensorial.

Já as estradas de volta são formadas por neurônios que levam as informações -

as respostas - do sistema nervoso para músculos, glândulas ou órgãos, que estimulam a ação, que pode ser desde um chute numa bola de futebol, mastigar uma castanha de caju até secretar um hormônio específica para regular um processo corporal. Essas tais estradas de volta são as vias eferentes do sistema nervoso e fazem parte do sistema motor, que é responsável pelo movimento, como veremos no próximo Capítulo.



Sensação e ação.

Por exemplo, quando você toca sem querer na chama de uma vela ou num objeto quente, essa informação é captada pelos chamados “receptores sensoriais”. entra na medula e sua atividade elétrica estimula um neurônio que sai da medula de volta para o braço, que faz você puxa-lo para afastar sua mão da chama, Portanto, as vias aferentes são responsáveis pela sensação enquanto as eferentes pela ação e têm uma relação muito estreita entre elas. As sensações ajudam a compreender o ambiente e a modelar as ações, A compreensão dessas rotas de ida e de volta do sistema nervoso é de fundamental importância para entendermos o comportamento humano, Mas como exatamente conseguimos captar a informação do ambiente?

Os receptores sensoriais

Para que uma informação do ambiente possa ser sentida por você consciente ou inconscientemente, é necessário que um tipo muito especial de célula seja ativado em seu corpo. São os chamados "receptores sensoriais". Em outras palavras, para construir uma representação interna, o sistema nervoso precisa ser capaz de transformar as diferentes formas de energia do ambiente em energia elétrica - que é a forma de energia que se propaga pelo sistema nervoso e ativa seus circuitos.

Os receptores sensoriais funcionam como “transdutores de energia”. E o que é isso? Um transdutor de energia é capaz de transformar um tipo de energia em outro, conservando uma boa relação entre as quantidades de energia.

Transdutores podem transformar, por exemplo, energia térmica ou mecânica em energia elétrica e vice-versa. Alguns exemplos de transdutores que estão presentes no dia a dia são a antena, o microfone, o alto-falante e até mesmo os termômetros.

Os chamados receptores sensoriais são células capazes de transformar diferentes tipos de energia em energia elétrica - portanto, eles são transdutores!

E, graças a essas células especiais, a energia pode ser captada do ambiente nas suas mais diferentes formas, transformada, transportada pelo nosso sistema nervoso por meio dos neurônios e levada ao nosso sistema nervoso central, onde as informações são processadas, combinadas com outras e ajudam proporcionar uma resposta mais adequada ao momento, conforme explicado anteriormente.

No organismo humano, há diferentes tipos de receptores - mecanorreceptores, termorreceptores, quimiorreceptores, nocirreceptores, fotorreceptores, como veremos adiante. E eles estão espalhados por todo o nosso corpo, permitindo que sejamos sensíveis a vários tipos de energia -mecânica, térmica, química,



Visão



Audição



Olfato



Gustação
(ou Paladar)



Tato



luminosa... - presentes no ambiente, o que facilita a nossa adaptação e atuação no mundo.

Mas, antes de avançar com a nossa viagem conhecendo os tipos de receptores mais profunda mente, precisamos de uma parada estratégica para falar de somestesia.

Somestesia (e mais do que 5 sentidos)

5 sentidos

Quando aprendemos na escola sobre os sentidos, falamos sobre cinco deles, não é? Tato, Olfato, Visão, Audição e Gustação (ou Paladar). No entanto, hoje consideramos que temos mais do que isso.

Primeiro porque temos o equilíbrio corporal que é mais uma forma de sensibilidade. E, segundo, porque, quando pensamos no toque não temos apenas a sensibilidade do tato, mas também de temperatura, pressão, vibração, dor e propriocepção (percepção da posição do corpo), que em conjunto chamamos de

“somestesia”. Você já ouviu falar nesse nome estranho? A palavra somestesia se refere a sensibilidade do nosso corpo. O termo soma significa corpo e estesia significa sensibilidade. Simples assim. A somestesia se refere justamente a essa sensibilidade que comumente chamamos apenas de tato, mas que envolve um

conjunto de informações sensoriais de tato, temperatura, pressão, vibração, dor e propriocepção.

Portanto, além dos cinco sentidos especiais - visão, audição, olfação, gustação e equilíbrio, que estão ligados a receptores de tecidos específicos nos olhos, ouvidos, nariz, boca e aparelho vestibular, respectivamente - temos um conjunto complexo de receptores sensoriais, que se espalham por quase todos os tecidos do nosso organismo e são responsáveis pela sensibilidade geral do corpo: esse sistema é o chamado somestésico ou somatossensorial.

Para compreender um pouco melhor o que é somestesia, vamos pensar no toque, que parece uma coisa simples, mas você verá o quão complexo é. O

sentido do toque permite ao ser vivo experimentar sensações nas partes distintas do seu corpo não só de tato - que envolve cócegas, pressão, vibração ou movimento -, mas também informações de temperatura, de dor e até mesmo da posição das partes do corpo. Para isso, o ser humano precisa de diferentes receptores sensoriais.

Vejamos, por exemplo, os mecanorreceptores: como o nome já diz, eles transformam energia mecânica em energia elétrica e estão presentes em grande parte do corpo. A energia mecânica é a energia do movimento. Quando algum objeto encosta na sua pele, ele provoca um movimento dela, mesmo quando há um mínimo toque. Esse deslocamento gera energia mecânica que é transformada em energia elétrica pelos mecanorreceptores, possibilitando que essa energia seja transportada pelo sistema nervoso.

O funcionamento dos mecanorreceptores é muito simples. Lembra-se de que, para iniciar uma corrente elétrica em um neurônio, precisamos que alguns íons possam se movimentar de um lado para o outro da membrana do neurônio? Pois

é. Quando há um deslocamento nessas células especiais, os receptores - como o provocado pelo toque de um objeto na sua pele os chamados canais iônicos, que são as aberturas que permitem o fluxo de íons, abrem-se mecanicamente. É

como se, ao deslocar uma porção de tecido, os canais para a passagem dos íons fossem arrastados e forçados mecanicamente a abrir. Quando isso acontece, uma corrente de íons é formada nessa célula receptora e, se for forte o suficiente, ela poderá provocar uma corrente elétrica no neurônio ao qual ela está ligada. Esse é o truque dessas células, os mecanorreceptores. Elas estão conectadas

eletricamente aos neurônios e, quando uma corrente é produzida nelas (o que chamamos de potência] receptor), pode ser transmitida pelo neurônio até um ponto bem distante da origem do estímulo.

No entanto, para que isso aconteça, é necessário que o deslocamento seja suficiente para produzir um estímulo capaz de provocar a atividade do neurônio.

Além disso, em muitos casos, a atividade de apenas um neurônio pode não ser suficiente para que essa informação seja considerada importante e processada em níveis superiores. É como se o sistema nervoso precisasse de alguns neurônios assinalando uma informação para começar a achá-la relevante.

Por exemplo, é bem possível que um mosquito pouse suave mente sobre alguma parte do seu corpo e que você nem se dê conta disso. Você pode até mesmo sofrer uma picada e não sentir imediatamente. Só irá perceber que foi atacado pelo mosquito quando o veneno começar a espalhar pela sua derme e provocar ardência ou coceira. No entanto, em outros momentos, você é capaz de sentir assim que o mosquito pousa na sua pele, ou logo em seguida quando ele lhe dá uma picada, e consegue matar o mosquito ainda preso ao seu braço.

Mas o que leva a essa variação na nossa percepção? A diferença entre cada uma dessas situações pode ser gerada por vários fatores. Um deles, que mais nos interessa por hora, é a quantidade de receptores mecânicos que estão disponíveis naquela parte específica do corpo em que o mosquito pousou. Por exemplo, na ponta de nossos dedos temos muitos receptores e, portanto, uma sensibilidade bem maior, enquanto nas nossas costas temos uma densidade menor de receptores e bem menos sensibilidade. Além disso, também importa o quanto esses receptores estão em larga quantidade nas porções mais superficiais da pele ou se eles se encontram posicionados mais profundamente.

Podemos dizer que, durante o processo evolutivo que “montou” o nosso sistema nervoso, tomamos desenvolvendo maior sensibilidade nas partes do corpo em que isso era mais necessário, como as mãos para manipular objetos. Assim, nossa capacidade de perceber estímulos sutis de maneira altamente discriminativa é mais aprimorada onde temos maior quantidade de receptores mecânicos posicionados nas camadas mais superficiais da pele, o que acontece

nas pontas dos dedos e nos lábios, por exemplo.

Testando a sensibilidade

Para testar a diferença de sensibilidade em diferentes regiões do corpo e verificar como o tato epicrítico nos ajuda a ter informações muito mais detalhadas do meio, você pode fazer um experimento bastante interessante, Pegue dois objetos pontiagudos, como duas lapiseiras de ponta fina ou dois lápis bem apontados.

Chame um voluntário - pode ser pai, mãe, cônjuge, filho, vizinho, amigo... Peça que o voluntário feche os olhos, mantenha-se de olhos fechados durante todo o experimento e lhe responda se você está encostando uma ou duas pontas da lapiseira na pele dele. Encoste as duas pontas da lapiseira ao mesmo tempo na parte interna do antebraço do voluntário, mantendo uma distância de cerca de 10 a 15 centímetros entre elas, É importante que as encoste bem ao mesmo tempo.

Peça que ele lhe diga se está, sentindo uma ou duas pontas encostadas no antebraço. Provavelmente, a resposta será que ele sente duas. Então, retire as duas pontas e as recoloque com uma distância progressivamente menor entre elas e vá perguntando. Repita a mesma operação até que, mesmo encostando as duas pontas das lapiseiras simultaneamente, seu voluntário dirá que apenas uma ponta está encostada.

Em seguida, faça o mesmo em outras partes do corpo para verificar como muda a sensibilidade: nas costas, na barriga, nas pernas, nos lábios e nas pontas dos dedos. Você vai perceber que, dependendo do local do corpo escolhido, a distância necessária para que o voluntário responda que tem apenas uma lapiseira encostada na pele (mesmo você colocando sempre duas pontas) irá variar dramaticamente. É comum, por exemplo, que no antebraço já se sinta uma lapiseira só em distâncias de cerca de 5 centímetros, nas costas até em distâncias de 10 a 15 centímetros. Mas é importante observar, quando estiver fazendo nas costas, que se coloque as duas lapiseiras no lado direito do corpo ou as duas no lado esquerdo, caso contrário, sempre será possível perceber as duas pontas das lapiseiras. Já nos lábios e nas pontas dos dedos, você dificilmente conseguirá enganar alguém, mesmo se as duas pontas estiverem distantes apenas alguns milímetros uma da outra!

A razão para esse fenômeno acontecer é que cada parte do seu corpo tem um campo receptor diferente, O que significa isso? Campo receptor é a área que é monitorada por um sistema de recepção único. Para que um sinal provocado na sua pele não se confunda com outro aplicado próximo àquele local, é necessário que os dois estímulos ativem receptores diferentes ligados a neurônios distintos

que transmitam de forma completamente independente as informações para outras partes do sistema nervoso - em especial aquelas que levam até as regiões do córtex, responsáveis pela experiência consciente.

Isso quer dizer que o deslocamento provocado pela ponta da lapiseira em um ponto da pele precisa estimular um receptor que, por sua vez transmitirá esse estímulo para um neurônio e que transmitirá para outro neurônio até chegar ao córtex cerebral, estimulando uma experiência consciente de toque na pele: estou sendo tocado nessa região. Caso a outra lapiseira provoque estímulos no mesmo grupo de neurônios que a primeira lapiseira - por estar dentro do mesmo sistema não há como o seu cérebro discriminar uma ponta da outra. Ele irá interpretar que ambos os estímulos são um só.

Entender essa história é fundamental para começarmos a resolver o enigma de como o sistema nervoso pode apresentar uma grande capacidade discriminatória em algumas situações e, em outras, parecer insensível.

Sensibilidade epicrítica e protopática

A somestesia ou o sistema somestésico se subdivide em epicrítico e protopático.

O termo epicrítico faz menção à capacidade que esse sistema tem de perceber estímulos de forma bastante detalhada, discriminativa, ou seja, acima do crítico.

Ou seja, onde há maior sensibilidade. E não são só o tipo e a posição dos receptores que fazem esse tipo de tato ser muito preciso, Os neurônios que estão ligados a esses receptores sensoriais epicríticos e que transportam a informação epicrítica são igualmente especiais: eles são mais rápidos!

Mas, além da sensibilidade epicrítica, que é essa altamente discriminatória e restrita a apenas algumas regiões específicas do corpo, temos também a sensibilidade protopática. Esse tipo de sensibilidade já não é tão discriminativa, mas, em contrapartida, está presente na maior parte do nosso corpo, O termo significa que é uma sensibilidade que serve para sinalizar aquilo que pode causar lesão. Pato significa doença, lesão. Então, a sensibilidade protopática é aquela que sinaliza os eventos do ambiente que são potencial mente danosos ao organismo.

Os receptores do sistema epicrítico são os mecanorreceptores, transformam energia mecânica em elétrica, como já citamos acima. Já o sistema protopático,

precisa de uma gama muito mais abrangente de receptores sensoriais, para detectar possíveis agentes lesivos no ambiente. Os receptores protopáticos respondem bem a alterações de temperatura, a agentes mecânicos potencialmente danosos, a agentes químicos que lesionam tecidos e a substâncias

químicas que deveriam se manter confinadas no interior das células e que, caso apareçam fora delas, significa que elas foram rompidas, ou seja, apontam lesão.

Do ponto de vista evolutivo, o sistema protopático é bem mais antigo do que o epicrítico. Mesmo os mais simples organismos vivos que possuem sistema nervoso precisam ser capazes de detectar estímulos que possam provocar lesões para conseguirem se manter vivos. Nessas situações, o tipo de energia que é detectado pelo sistema já não é mais somente a energia mecânica. Para os agentes químicos lesivos, precisamos dos chamados “quimiorreceptores” que são transdutores de energia química em energia elétrica. Para detectar as variações de temperatura - que em alguns casos tem potencial lesivo precisamos dos chamados “termorreceptores” que são transdutores de energia térmica em energia elétrica. E há ainda uma variedade especial de receptores chamados de

“nociceptores”, que fazem diferentes tipos de transdução, eles são terminações nervosas, como ramificações dendríticas, capazes de detectar diferentes tipos de estímulos envolvidos com lesão ou perda celular. Assim, quando segmentos de tecido ou algumas células da epiderme são rompidos ou lesados, cabe a esse tipo de receptor detectar e acionar os mecanismos que levarão o alerta ao sistema nervoso central, avisando que um estímulo nocivo está ocorrendo. Esse tipo de receptor - nociceptor - está ligado à dor.

Apesar de bastante simples e primitivo, o sistema protopático é extremamente importante para a sobrevivência do ser humano. Ele é um bom exemplo de que, no sistema nervoso, não é preciso ser complexo para ser importante.

Propriocepção: o mapa do corpo

Acabamos de ver que temos mecanorreceptores, quimiorreceptores, termorreceptores e nociceptores responsáveis pelos dois diferentes tipos de tato e sensibilidade somestésica: a protopática e a epicrítica. A primeira é praticamente igual em todas as partes do corpo e nos ajuda a detectar possíveis agressões nos tecidos externos ou tecidos internos como vísceras, músculos, ossos, etc. Já a sensibilidade epicrítica é extremamente variável, é aquela que nos permite

investigar relevos, nuances, texturas e detalhes dos objetos e que também nos capacita a sentir um toque suave como um carinho ou uma borboleta pousando na mão.

Além desses dois tipos de somestesia, vale a pena chamar a atenção para um terceiro tipo que pode ser englobado na sensibilidade epicrítica: a propriocepção.

Outro nome esquisito, mas que constitui um sistema extremamente importante para nós, sem o qual não conseguiríamos andar, dosar movimentos e uma série

de outras coisas. A propriocepção é uma capacidade sensorial dependente dos mecanorreceptores que se localizam em nossas articulações e músculos principalmente, os quais nos permitem reconhecer onde cada parte do nosso corpo está num determinado momento, mesmo que estejamos de olhos fechados. Em outras palavras, propriocepção é a percepção sobre a posição do próprio corpo a cada momento.

Faça uma breve experiência. Feche os olhos e verifique: Onde está a sua mão direita nesse momento? Qual é a posição do seu pé? Dos seus dedos? Seu corpo está ereto ou curvado? Sua cabeça está reta ou inclinada? Experimente levantar seus braços na lateral e depois gesticular com as mãos à frente do corpo. Toque a ponta do nariz com o indicador, depois o joelho. É fato, mesmo de olhos fechados, você é capaz de detectar a posição de cada uma das partes do seu corpo, de desenhá-las mentalmente, de saber exatamente o momento em que seu dedo vai se encontrar com a outra parte do corpo.

Se você já recebeu algum tipo de anestesia de bloqueio para uma cirurgia, como a chamada anestesia peridural ou raquidiana, deve se lembrar bem: na recuperação de uma anestesia, as pessoas declaram uma sensação de não ter pernas, pois não conseguem senti-las, não é mesmo? Aliás, uma estranha sensação. Essa também é a sensação que um paraplégico experimenta e isso é causado justamente porque sua informação proprioceptiva, ou seja, sua percepção do próprio corpo, não está funcionando. A propriocepção é fundamental para a nossa mobilidade, para a consciência corporal, adaptação e controle dos movimentos.

As vias da informação sensorial

Agora, vamos falar sobre a transmissão das informações sensoriais. Pense nas autoestradas do Brasil ou de outros países pelo mundo. Temos vias de alta

velocidade, com asfalto, pontilhões e amplamente sinalizadas, nas quais os carros avançam muito rápido de um lugar a outro. E temos também as estradas de terra, de tráfego lento, onde caminhões poeirentos seguem desviando dos buracos sem poder ter pressa.

Paremos aqui, na beira dessa estrada, para recordar: o sistema protopático é o mais antigo do ponto de vista evolutivo e serve especialmente para que todos os sinais sensoriais relacionados ao perigo ou à incompatibilidade do ambiente com a vida sejam informados ao sistema. Lesões teciduais por agentes físicos perfurocortantes ou por agentes químicos como ácidos e até mesmo a ação de extremos de temperatura são estímulos que podem gerar a atividade elétrica dos neurônios que fazem parte do sistema protopático.

Os receptores sensoriais nociceptivos (lesão/dor) e termoceptivos (temperatura) do sistema protopático estão ligados a neurônios que são desprovidos de mielina ou possuem uma quantidade muito pequena de mielina (lembra-se de que falamos anteriormente daqueles envoltórios de gordura - feito boias de braço - que ficam enrolados no axônio do neurônio e ajudam a aumentar a velocidade de transmissão dos sinais elétricos?). Mas então o que significa ter pouca mielina no neurônio? Significa que as informações protopáticas trafegam no sistema nervoso por vias de baixa velocidade. São as estradas de terra, as vias lentas. Pra não esquecer, podemos pensar que o sistema protopático é mais antigo, assim como as antigas vias de terra proporcionavam tráfego mais lento.

Mas aí vem a questão: por que justamente as informações que são tão fundamentais para a nossa sobrevivência usam um sistema de tráfego lento, sem ou com pouca mielina?

Aí é que está: é importante ressaltar que, mesmo as informações que trafegam a uma velocidade baixa no sistema nervoso, atingem uma velocidade suficiente para que tenhamos a impressão de que a transmissão é muito rápida. Em outras palavras, a velocidade baixa do sistema nervoso já é uma alta velocidade: atinge meio metro por segundo! E isso não é nada lento.

No entanto, imaginando que tivéssemos apenas o sistema protopático, se alguém pisasse no seu pé demoraria de dois a quatro segundos para produzir uma informação de dor lá no seu cérebro. Mas isso, definitivamente, não é o que acontece. E não acontece porque temos as vias rápidas, a estrada asfaltada de

mielina que leva a informação epicrítica em alta velocidade. A informação sensorial do tato epicrítico que foi gerada no seu pé pelo contato forte do pé de outra pessoa, produz uma informação sensorial epicrítica que você aprendeu a considerar como uma informação lesiva, por conta de experiências anteriores.

Essa informação epicrítica trafega no sistema nervoso em altíssima velocidade, podendo atingir cerca de 70 metros por segundo. Ou seja, em milésimos de segundo o seu córtex cerebral - que seria o ponto final dessa estrada, o mais longínquo destino - irá receber a informação. Mas muito antes disso, já na medula espinhal, a informação epicrítica se somará com a informação protopática, aumentando a velocidade da resposta. Durante sua infância, você aprendeu que, após um pisão como esse, virá a dor e seu sistema nervoso antecipa a sensação de dor, provocada pelo tato da pisada.

Essa integração de sinais protopáticos e epicríticos promove respostas muito mais rápidas, favorecendo a adaptação de animais com sistemas nervosos mais complexos. É dessa forma que a complexidade do sistema nervoso produz

recursos antecipatórios: você não precisa esperar a lesão da pisada para gerar um sinal de dor e tirar o pé debaixo do outro. Assim, a própria lesão provocada pela pisada também pode ser menor pela sua rápida reação de tirar o pé.

Dessa forma, durante o processo evolutivo, não foi necessário o desenvolvimento de um sentido epicrítico para a detecção rápida de lesão. Ao sinalizar um contato mecânico muito forte a partir de mecanorreceptores, seu sistema nervoso já consegue estimar que aquele contato irá provocar lesão e foge do agente antes mesmo que a lesão ocorra ou se agrave.

Vamos pensar em uma situação: quando você encosta em alguma coisa que sabe estar quente - como quando vai testar se a assadeira do bolo que você tirou do forno ainda está quente ou se já pode segurar nela para cortá-lo. Geralmente, nessa situação, você não sofre queimaduras. Seu sistema epicrítico dosa o contato com o objeto quente para que ele dure apenas o tempo que você aguentaria o calor que ele está emanando, com base nas suas experiências anteriores. Ficamos surpresos ao ver cozinheiras e cozinheiros manipulando panelas quentes pra lá e pra cá sem se queimarem. Tanto a pele quanto o sistema nervoso deles sabem o quanto de calor aguentam sem se ferir. Por outro lado, se encostamos em uma panela quente te, quer dizer, sem sabermos que ela está quente ou sem nos darmos conta disso, o contato inesperado provavelmente

provocará queimaduras já que o tato epicrítico não estará devidamente associado à necessidade de reação como no caso anterior. Assim, só quando o calor começar a provocar lesão é que nos daremos conta.

Esses exemplos nos mostram como a associação de duas ou mais informações simultâneas no sistema nervoso formam um cenário que permite aprendizado e construção de reações e respostas mais adaptadas e mais favoráveis à nossa integridade e sobrevivência. Com os dois sistemas funcionando juntos protopático e epicrítico, alimentamos nosso cérebro com as informações necessárias para que nosso comportamento seja adequado a cada uma das situações que enfrentamos.

Vale ressaltar ainda, por mais estranho que pareça, que nosso sistema nervoso não faz uma leitura fidedigna do que acontece no meio. Justamente pelo fato de estar o tempo todo juntando informações para tentar predizer e antecipar processamentos, o risco de erros e inadequações é grande. Há um antigo dito popular que diz “é preciso ver para crer”. A neurociência o transforma: nem o que se vê dá para crer.

O caminho da informação protopática e epicrítica

O neurônio ligado aos receptores sensoriais protopáticos começam na periferia do corpo (mãos, pés, pernas, braços, tronco....) e terminam na medula espinhal.

Esses neurônios, muitos deles unidos em feixes, formam os nervos. Na medula espinhal, eles fazem sinapse com outro grupo de neurônios que saem da medula espinhal e vão até o tálamo. Cabe lembrar que esses neurônios das vias protopáticas, que receberam a informação de um dos lados do corpo, irão cruzar pela linha média da medula e subirão em direção ao tálamo pelo outro lado da medula. Assim, os neurônios provenientes do seu pé esquerdo, por exemplo, quando chegam à medula espinhal fazem sinapse com neurônios que subirão para o tálamo pelo lado direito da sua medula e terminarão no seu tálamo direito.

Lá, no tálamo direito, farão sinapse com neurônios que vão até o córtex somatossensorial direito, responsável por receber informações sensoriais de todas as partes do seu corpo esquerdo.

Parece confuso, mas não é: o resultado dessa história toda é simples. Quando sua unha encravada do pé esquerdo provoca lesão na pele do seu dedão, essa informação irá até a medula esquerda, mas lá será transmitida ao encéfalo por

um neurônio que está na medula direita e acabará sendo levada às regiões do seu córtex cerebral direito, o chamado o córtex somatossensorial direito. O contrário irá ocorrer se a unha encravada for a do pé direito, aí será o córtex somatossensorial esquerdo que irá receber as informações.

Essa inversão da informação de um lado para o outro do corpo chamamos tecnicamente de decussação. A razão para que ela ocorra ainda é obscura, mas há diferentes teorias que tentam explicá-la. Uma delas, que parece bastante plausível, defende que o sistema nervoso, ao longo da evolução dos seres vivos, era responsável por direcionar a regeneração de membros e partes do corpo de animais. Assim, quando uma parte do lado esquerdo do corpo era lesionada, o sistema nervoso responsável por aquela parte permanecia intacto do outro lado do corpo e, desse jeito, poderia guiar eficiente mente o crescimento de tecidos necessário para o processo de regeneração. Por isso, as vias de transmissão seriam cruzadas.

Voltando à via de transmissão da informação protopática. você deve ter reparado que temos dois pontos em que a informação pode ser processada. Um deles é a medula espinhal. Além de conectar-se com neurônios que estão indo na direção do encéfalo, esses neurônios primários que saíram lá do seu pé. também se conectam com neurônios motores na medula e lá mesmo já podem produzir reações e movimentos. Essas rápidas reações provocadas pela medula espinhal são conhecidas como reflexos espinais, são os movimentos reflexos que vimos no Capítulo anterior. são eles os responsáveis por fazerem você retirar rapidamente sua mão de uma fonte de calor, por exemplo: o primeiro nível de processamento de informações.

Em um segundo nível de processamento, essas informações sobem em direção ao tálamo, mas, em seu itinerário, podem ir deixando pequenos colaterais de ramificações de neurônios que estimularão processamentos na formação reticular do tronco encefálico ou mesmo na substância cinzenta periaquedutal, uma região muito importante do tronco encefálico, responsável por muitas reações corporais que temos quando sentimos dor ou aversão.

A partir do tálamo, essas informações seguem tanto para o sistema límbico - conjunto de áreas responsáveis por produzir nossas emoções e que irá iniciar uma resposta emocional a esse estímulo - como para diferentes partes do córtex,

provocando comportamentos voluntários em reação ao cenário de dor e desconforto, são esses processamentos que nos levam a querer ficar quietinhos na cama quando estamos com dor ou nos sentimos deprimidos por causa de um quadro crônico de dor ou desconforto.

Já o sistema epicrítico é muito mais complexo do que o protopático.

Envolvido com o tato discriminatório, as informações provenientes do sistema epicrítico são mais importantes para o encéfalo e para os processamentos mais superiores do que os que ocorrem na medula espinhal. Mesmo assim, várias informações epicríticas são usadas para o monitoramento dos músculos do corpo, já que todos os receptores musculares que participam de nossa propriocepção - nossa percepção da posição próprio corpo - usam o sistema epicrítico para levar informações ao sistema nervoso central. E eles são da maior importância para a estabilidade dos nossos músculos e para reações musculares rápidas, necessárias para movimentos velozes e ágeis como correr, acertar uma bola de tênis ou equilíbrios complexos.

Os neurônios conectados aos receptores pertencentes ao sistema epicrítico percorrem os nervos até chegarem à medula, mas continuam seu trajeto por dentro da medula no mesmo lado do corpo onde houve o estímulo até o tronco encefálico. Eles são neurônios alta mente mielinizados - as vias muito rápidas e -

- não decussam até chegar ao tronco (que fica acima da medula). Quer dizer, a informação epicrítica que vem do pé esquerdo, segue pela medula do lado esquerdo em alta velocidade e chega ao tronco encefálico esquerdo. No tronco, ocorre a decussação. a mudança para o lado direito, e de lá segue para o tálamo direito e depois para o córtex somatossensorial direito.

No caso da informação epicrítica, os principais interessados nela são o tálamo, o córtex e cerebelo. Essas informações são muito importantes para discriminarmos objetos pelo tato e recebermos informações proprioceptivas que são fundamentais para organização de comportamentos muito complexos com os músculos, como escrever, falar ou praticar esportes.

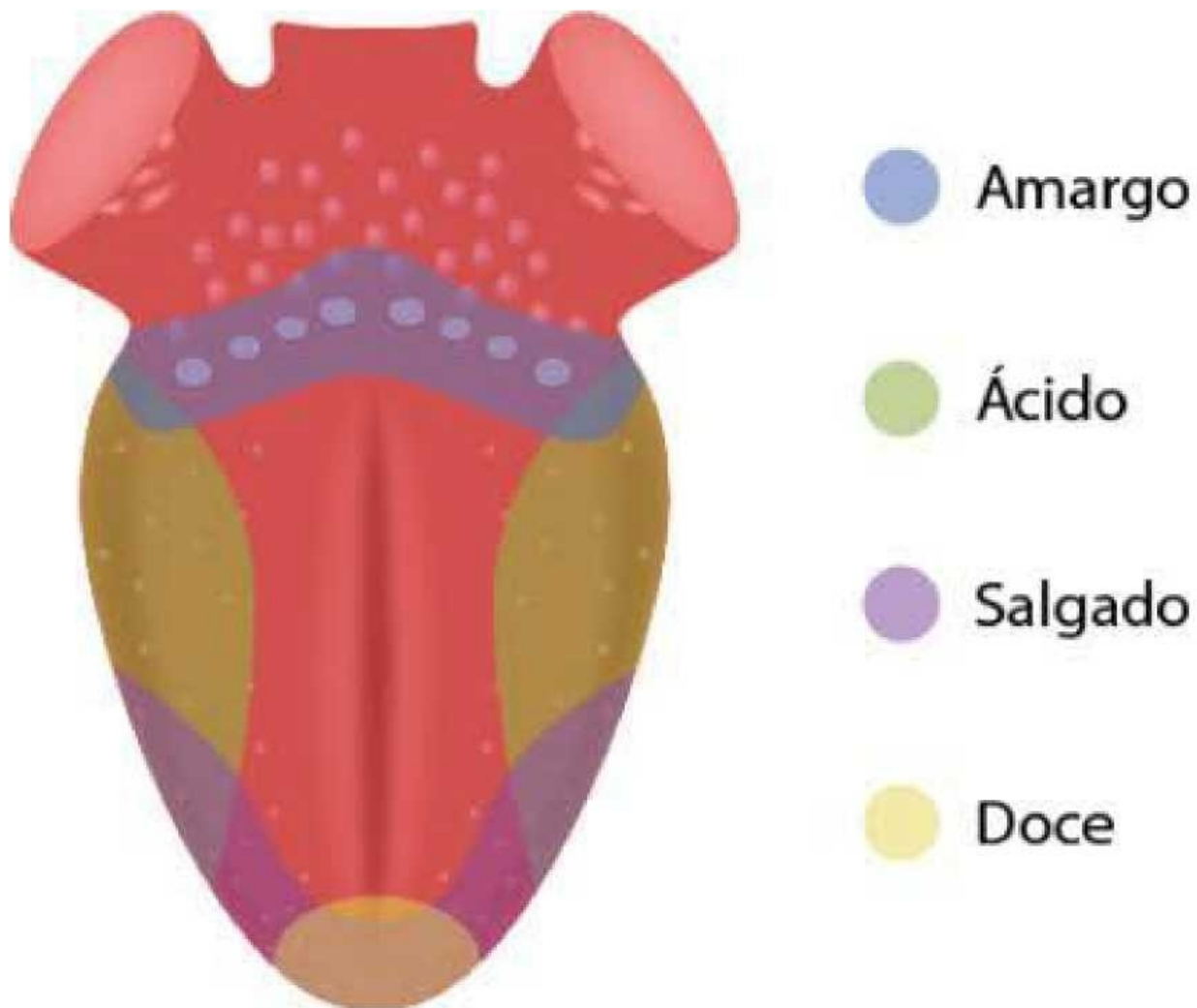
Os sentidos especiais

Falamos anteriormente sobre a sensibilidade somatossensorial, que está ligada ao toque, ao tato, à sensibilidade geral e propriocepção e em como ela se subdivide nos sistemas protopático e epicrítico. Mas aí vem a pergunta que não quer calar:

e os outros sentidos, como a gustação, o olfato, a audição e a visão? E a resposta é: temos receptores diferentes responsáveis por cada um dos chamados 'sentidos especiais', que são altamente especializados na conversão de um tipo de energia específico. Os sentidos especiais são extremamente importantes para os seres humanos ater ir em o ambiente.

A gustação

O paladar ou a gustação é um sentido químico, ou seja, que depende de quimiorreceptores (receptores sensoriais que transformam energia química em elétrica}. Temos esses receptores químicos presentes em diferentes partes da língua e que são sensíveis a cinco tipos específicos de substâncias: há receptores diferentes para doce, amargo, ácido, salgado e umami. Esse último, apesar do nome esquisito, é estimulado por algo que conhecemos bem, o sabor do glutamato monossódico, o chamado realçador do paladar. Esses receptores de umami, quando estimulados, dão ao alimento a sensação de saboroso e agradável. Com esses cinco receptores, somos capazes de identificar os mais variados sabores nos alimentos e nos deliciar com as mais fantásticas guloseimas.

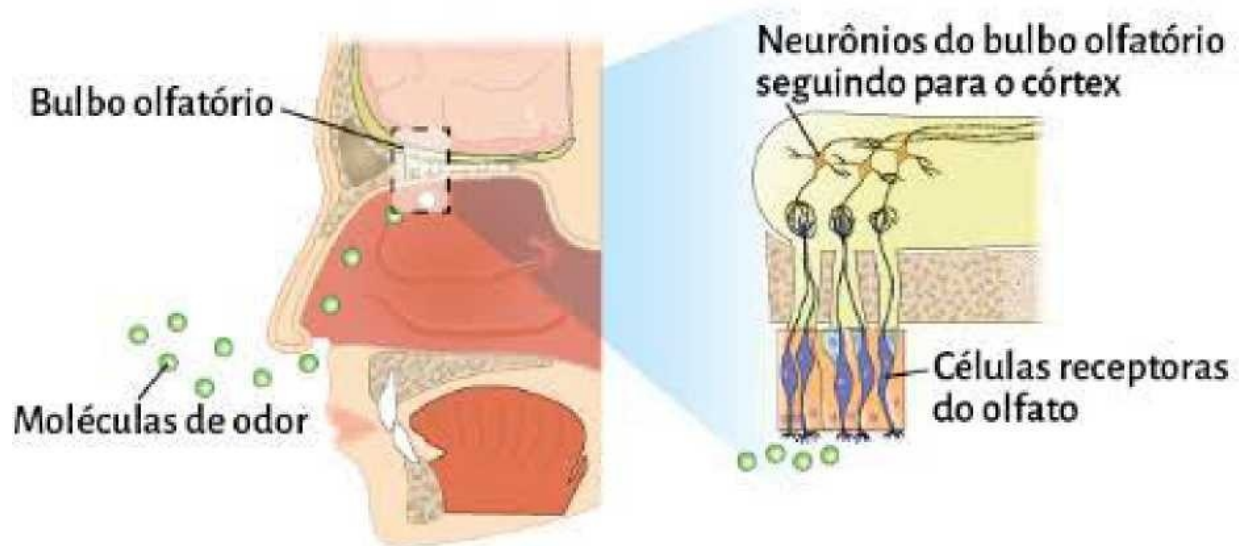


A língua e o paladar

Olfato

Assim como a gustação, o olfato também é um sentido químico. Na mucosa olfatória, está presente uma quantidade incalculável de receptores distintos, cada um deles sensível a um tipo diferente de moléculas, que nos possibilitam sentir e distinguir os mais variados cheiros: do jasmim, da pitanga doce, do jantar apetitoso, do enxofre fétido. Ainda que não notemos, o reconhecimento dos alimentos depende muito do nosso olfato, que nos convida e encoraja a ingerir ou evitar substâncias. Olfração e gustação atuam tão próximos que são até confundidos dentro de nosso sistema. Repare quando estamos com nariz entupido, por conta de uma gripe, por exemplo, e não conseguimos sentir o cheiro de algo, costumamos dizer que a comida está sem gosto, insossa, sendo que o correto seria dizer que a comida está sem cheiro. No entanto, o olfato

influencia e muito a nossa percepção de sabor. Experimente tampar o nariz e provar café ou chocolate: o sabor fica bastante diferente, alguns, se estiverem vendados e com o nariz tapado, nem conseguem reconhecer o que estão comendo ao ingerirem esses alimentos tão comuns.



Sistema olfatório

Audição

A audição é um sentido mecânico. As ondas sonoras fazem vibrar várias estruturas (pequenos ossinhos) em nossa orelha média e acabam provocando movimentos no líquido que temos dentro da cóclea. Esse movimento estimula receptores mecânicos na cóclea (as células ciliadas) que transformam a energia mecânica em elétrica, produzindo sinais elétricos que são carregados por neurônios a outras áreas do encéfalo.

Equilíbrio

Um sistema muito semelhante ao da audição se encontra no labirinto, uma estrutura bem próxima à cóclea, que, através de movimento de líquidos, nos ajuda a detectar a posição de nossa cabeça e auxilia no equilíbrio do corpo. Por isso, pessoas com labirintite perdem o equilíbrio, sentem enjoo, pois não

conseguem ter uma boa percepção da posição da cabeça e do corpo. Vale a pena atentar também para o fato de que uma bailarina fixa o olhar em um ponto enquanto faz seus rodopios para não perder o equilíbrio, a cabeça deve ser

sempre a última a sair para o giro e a primeira a chegar dele, fazendo com que o labirinto se adapte aos movimentos bruscos e repetitivos sem desequilibrar a dançarina.

Visão

E como recebemos toda a informação do ambiente que nos permite enxergar tantas maravilhas? Desde construções grandiosas como o Taj Mahal às mínimas texturas de uma pétala de flor, do colorido das telas de Kandinsky ou Beatriz de Milhazes aos tons de cinza do céu numa tarde chuvosa, do reconhecimento de faces, letras e símbolos aos vídeos e animações... A visão tem uma mágica muito especial: um tipo de receptor que responde à luz, à energia eletromagnética.

Esses receptores de luz - os fotorreceptores - podem ser encontrados na retina e se dividem em dois tipos: os chamados cones e os bastonetes. Os cones são sensíveis a três diferentes espectros de luz. Assim, temos cones especializados em ondas com comprimento que correspondem ao verde, outros especialistas em vermelho e um terceiro grupo especializado em azul. A ativação desses cones em intensidades diferentes vai determinar a cor de cada um dos objetos que vemos, com todas as nuances de cor que podemos observar, por exemplo, em um jardim florido. Parece realmente mágica!

Já os bastonetes são mais sensíveis a tons de preto e branco e nos ajudam a enxergar quando a disponibilidade de luz é baixa e apresentamos dificuldades para discriminar as cores. Os olhos humanos podem produzir uma visão significativa das coisas sob baixa luminosidade, mas não são muito bons para a visão noturna. Outros animais possuem menos cones e mais bastonetes, além de terem outras adaptações nos olhos, que favorecem esse tipo de visão, e eles acabam sendo bem melhores e mais eficazes em enxergar no escuro.

Vale lembrar ainda de animais como cachorros e gatos, por exemplo, que não veem todas as cores que os humanos visualizam, mas que enxergam geralmente bem em preto e branco, numa nuance de cinzas. Já as cobras veem bem no infravermelho e as abelhas no ultravioleta, faixas de luz para as quais somos cegos.

Cada um dos sentidos especiais tem sua estrutura de vias, sendo que quase todos apresentam dois estágios de processamento: um no tronco encefálico, que

alimenta essa área do encéfalo com informações menos elaboradas, e outro onde

as informações são passadas ao cérebro propriamente dito (parte mais evoluída do cérebro), em áreas como tálamo e o córtex, para alimentarem processamentos mais complexos. A única exceção a essa regra é o sistema olfatório. O olfato é o único sentido em que as informações vão direta mente para o córtex, ele não auxilia no sistema químico produzido no tronco encefálico, mas sim em processamentos mais discriminatórios realizados no cérebro.

Mas é preciso destacar nova men te que nem todos esses processamentos se caracterizam como dados conscientes, não temos consciência de tudo que chega ao nosso encéfalo: muitas dessas informações nunca chegarão a estimular áreas corticais, ou seja, áreas de córtex, que são as regiões mais externas, a superfície do encéfalo. E é justamente no córtex que se acredita que ocorram os processamentos conscientes.

Enfim, juntando o sistema somático e os sentidos especiais temos um aparato incrível, altamente complexo, com informações que processadas conjuntamente nos fazem perceber o mundo com mais acuidade e nos possibilita atuar sobre ele de uma maneira incrível.

Processamentos sensoriais de alto nível: do tálamo ao córtex Nosso cérebro é capaz de processamentos bastante complexos, utilizando áreas e circuitos que levam em consideração múltiplos sinais. As variações do ambiente externo e interno do indivíduo, ou seja, como está se apresentando o mundo de fora e o mundo de dentro, Irão impactar nas respostas que poderemos dar a esses estímulos.

Quando entram em ação os diferentes núcleos e circuitos do cérebro propriamente dito, somados às regiões mais desenvolvidas do cerebelo, temos um sistema muito eficiente de processamento de informação, altamente discriminativo, que pode mudar uma resposta com base em pequenas diferenças de sinal.

O tálamo - que é parte do diencefalo, área que já pertence ao cérebro propriamente dito - e uma estrutura de processamento de informação sensorial extraordinária. Em conjunto com todas as áreas do córtex cerebral (telencéfalo área mais desenvolvida do cérebro), o tálamo executa o incrível papel de qualificar as entradas sensoriais e seguir ativando circuitos em loopings com o córtex para dar significado para tudo que se apresenta em nossa vida: objetos, pessoas, ambiente, situações, momentos... Esses significados são fundamentais

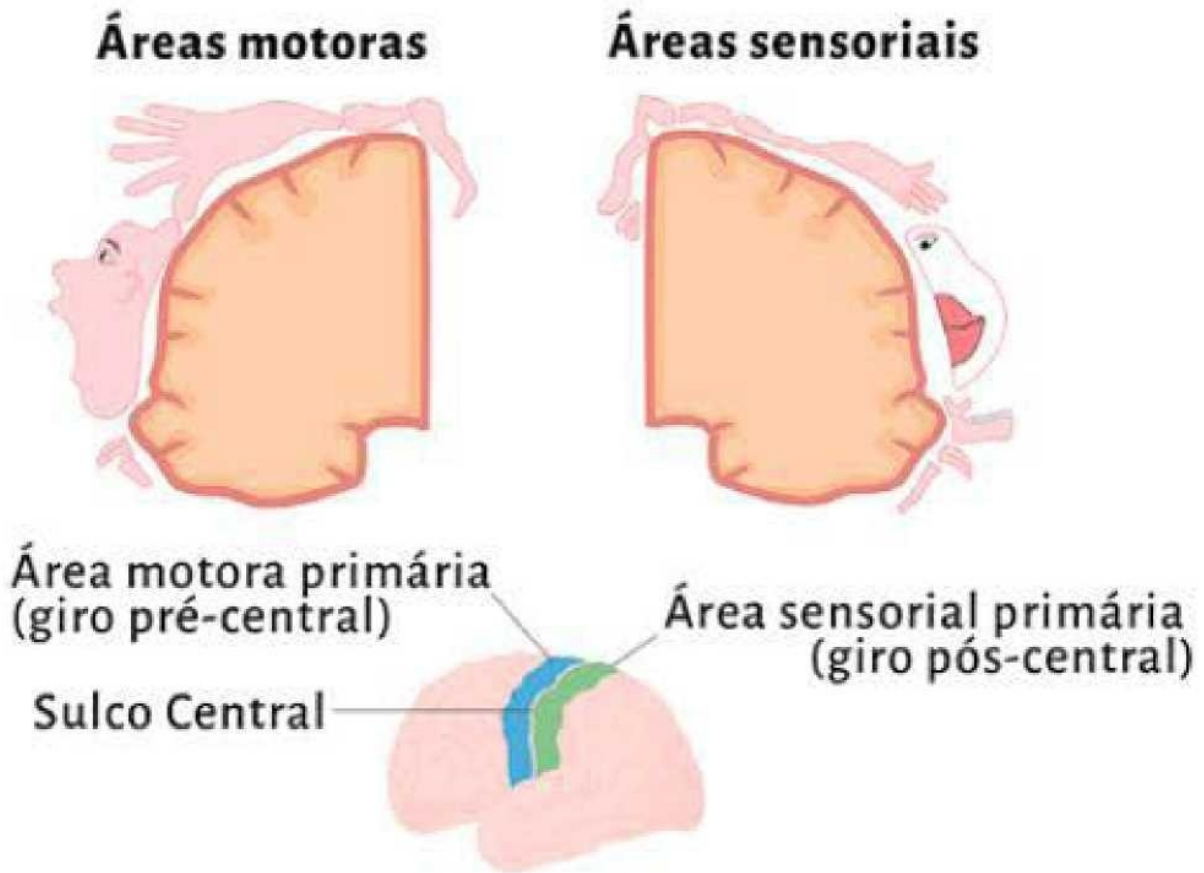
para a compreensão do mundo e para que os comportamentos mais adequados sejam selecionados.

A grande maioria das ativações neuronais que chegam ao córtex passa antes pelo tálamo. Exceto duas exceções: os diferentes circuitos de pano de fundo da formação reticular que atingem simultaneamente o tálamo e o córtex cerebral e as informações sensoriais do olfato, como já comentado anteriormente. Fora esses dois casos, todos os circuitos que vão ao córtex passam antes pelo tálamo.

Mesmo quando o assunto não é uma informação sensorial. Até mesmo os circuitos provenientes do cerebelo e dos núcleos da base irão passar pelos diferentes núcleos do tálamo antes de chegarem aos seus destinos no córtex cerebral. O tálamo é como uma central de distribuição, que manda as informações para as áreas certas do córtex.

Vale ressaltar ainda que temos uma área do córtex chamada área somatossensorial primária que é subdividida de acordo com a procedência do estímulo sensorial. Todos os estímulos somatossensoriais chegam nessa região, mas os que se referem ao pé chegam em um lugar específico, os que se referem à mão, em outro, e assim por diante nas pernas, tronco, genitais. E quanto maior o tamanho da área do córtex somatossensorial dedicada à parte do corpo, maior sensibilidade tem essa região.

Essa região do encéfalo onde fica a área somatossensorial, uma faixa que atravessa a cabeça externamente, feito uma tiara, se localiza logo atrás do sulco central (a maior reentrância perpendicular à linha frente-trás da cabeça) no giro pós-central (o primeiro calombo após tal sulco), sendo a parte mais frontal do lobo parietal, como veremos mais adiante. Essa região está bem ao lado da área motora primária, que vai provocar as respostas motoras, os movimentos corporais.



Área sensorial primária vizinha à área motora primária

A representação do homúnculo sensorial mostra as áreas do corpo em tamanho proporcional à sua sensibilidade somatossensorial. Por exemplo, lábios, mãos, língua, rosto têm enorme destaque se comparados ao tronco pois apresentam maior sensibilidade.

Para exemplificar a importância do tálamo na construção da função dos lobos cerebrais, se houver algum problema de desenvolvimento dos talamos na vida intrauterina ou ao nascimento, essa criança não desenvolve as funções do córtex cerebral. Essa situação provoca os mais severos sintomas da chamada paralisia cerebral.

O processamento no tálamo e sua relação com o córtex é de alta complexidade. Os circuitos neuronais dessas áreas possuem tantas informações e podem escolher entre tantos caminhos distintos que mínimas diferenças em um som ou uma cor podem mudar todo o processamento e gerar novos conceitos.

Também é nesse nível que as diferenças individuais se expressam mais fortemente. Se até o nível de processamento mais simples que ocorre no hipotálamo, muito do que acontecia era decorrente da espécie à qual pertencemos, fazendo com que baleia tenha comportamento de baleia, cachorro tenha comportamento de cachorro e ser humano tenha comportamento de ser humano, nessa escala de processamento do córtex cerebral com o tálamo reconhecemos níveis cada vez mais complexos da individualidade de cada um.

Por outro lado, também é nesse nível que os prejuízos funcionais no encéfalo ou lesões impactarão diretamente naquelas funções que consideramos essenciais para que sejamos reconhecidos pela nossa essência humana. É por causa de prejuízos nessas áreas e nessas funções de alta complexidade que teremos tanto doenças como derrames ou demências. Caso uma lesão afete áreas do tronco encefálico, corremos o risco de não sobreviver, é um prejuízo absoluto e irremediável. Mas é nas patologias que afetam o funcionamento de nossas áreas de processamento de alta complexidade, como tálamo e córtex, que nos defrontamos com os cenários mais complicados das doenças neurológicas e psiquiátricas. É por isso que não é incomum ouvirmos de parentes de pacientes que desenvolvem quadros de demência, como a temida doença de Alzheimer, que seus parentes “já não estão mais ali”. Eles relatam que seus entes queridos parecem não estar mais presentes dada a gravidade das lesões que afetam diretamente os circuitos responsáveis por nos dar aquilo que é mais característico de nosso comportamento e que compõem a nossa personalidade.

Nesse nível de processamento tálamo-córtex é que vemos nossa infância, nossos pais e nossa cultura e educação influenciando diretamente em nosso comportamento. É também a partir das funções dessas estruturas que ganhamos

uma história para contar. Uma vida pra chamar de “minha”. Uma consciência que faz com que eu possa me chamar de eu.

Capítulo 6

Partiu para a ação: o sistema motor e sua relação com o comportamento

Não há comportamento sem movimento. Isso é fato. Já parou para pensar sobre isso? Qualquer comportamento, qualquer ação, qualquer mínima atuação no mundo depende dos nossos músculos, não é? O filme *O Escafandro e a Borboleta*, baseado em uma história real, conta a história do jornalista e escritor

francês Jean-Dominique Bauby que fica com todos os movimentos do corpo e da cabeça comprometidos após um acidente vascular encefálico, o qual atingiu porções do seu tronco encefálico, responsáveis pela transmissão da informação motora originada no córtex cerebral para os músculos. Isso significa dizer que os comandos responsáveis pelo movimento intencional do corpo não conseguem chegar aos músculos e, sem comandos, os músculos não se movem.

Após o incidente, o único movimento que Bauby não perdeu foi o de uma das pálpebras. Então, tudo que ele conseguia fazer intencionalmente era piscar um olho. E só. O filme retrata justa mente a angústia de uma pessoa que, mesmo viva e com as faculdades mentais em perfeito estado, não consegue se movimentar, se expressar e nem mesmo demonstrar que está consciente. Parece estar em coma. Apesar de sua condição, Bauby conseguiu escrever um livro que denominou *O Escafandro e a Borboleta*. Isso aconteceu em grande parte por conta de sua fonoaudióloga, que desenvolveu um método surpreendente em que ela recitava letras do alfabeto na ordem decrescente de frequência na língua francesa - das letras mais incidentes para as menos --, esperava o paciente piscar a pálpebra quando a letra que ele queria era dita e ia tomando nota letra a letra até formar todo o texto do livro. Graças ao movimento dessa pálpebra, a história chegou ao cinema. No entanto, há casos de pacientes que não movem nem as pálpebras, é a chamada síndrome de enclausuramento: a pessoa está viva, percebe o ambiente, pensa, mas não consegue manifestar isso de forma nenhuma, não pode se mover, não há expressão de comportamento.

Isso porque não há comportamento efetivo sem que haja movimento de músculos! Para dar um passo, para falar, para comer e beber, para se afastar ou se aproximar de alguém, para inspirar e expirar, para beijar, para sorrir e até para piscar precisamos de nossos músculos! não há nenhuma interferência que façamos no nosso ambiente e na nossa vida que não seja dependente da organização e controle dos nossos músculos, da atividade mais simples à mais complexa, precisamos nos manifestar por meio da motricidade.

O controle motor é determinado direta mente pelo processamento das mais

diferentes informações sensoriais que nos fornecem dados sobre o ambiente e do contraponto com nossas memórias, substratos cognitivos, hábitos e vícios, que nos fazem comportarmo-nos de uma determinada maneira.

O comportamento pode ser definido como o conjunto de reações de um sistema

dinâmico, em relação com as interações e renovações propiciadas pelo meio onde o organismo está envolvido, isto significa dizer que o sistema nervoso é extremamente adaptável e, frente às modificações das entradas sensoriais e sua relação com as experiências anteriores, é capaz de produzir as respostas mais adequadas ao meio. Estas respostas serão tão melhores quanto maior for a capacidade deste sistema de adaptar-se a estas mudanças. O sistema nervoso tem evoluído por toda a história dos seres vivos como um dos elementos mais importantes no processo de adaptação dos seres vivos a mudanças ambientais.

É preciso enfatizar: movimento é comportamento, é atuação no mundo, é vida!

E, por falar em movimento, muito do que conhecemos sobre o controle dos movimentos até hoje se deve ao estudo de sintomas encontrados em pacientes neurológicos. Após acidentes vasculares encefálicos ou traumatismos cranioencefálicos, as sequelas apresentadas pelos pacientes ajudaram a compreender a participação específica de diferentes regiões do sistema nervoso.

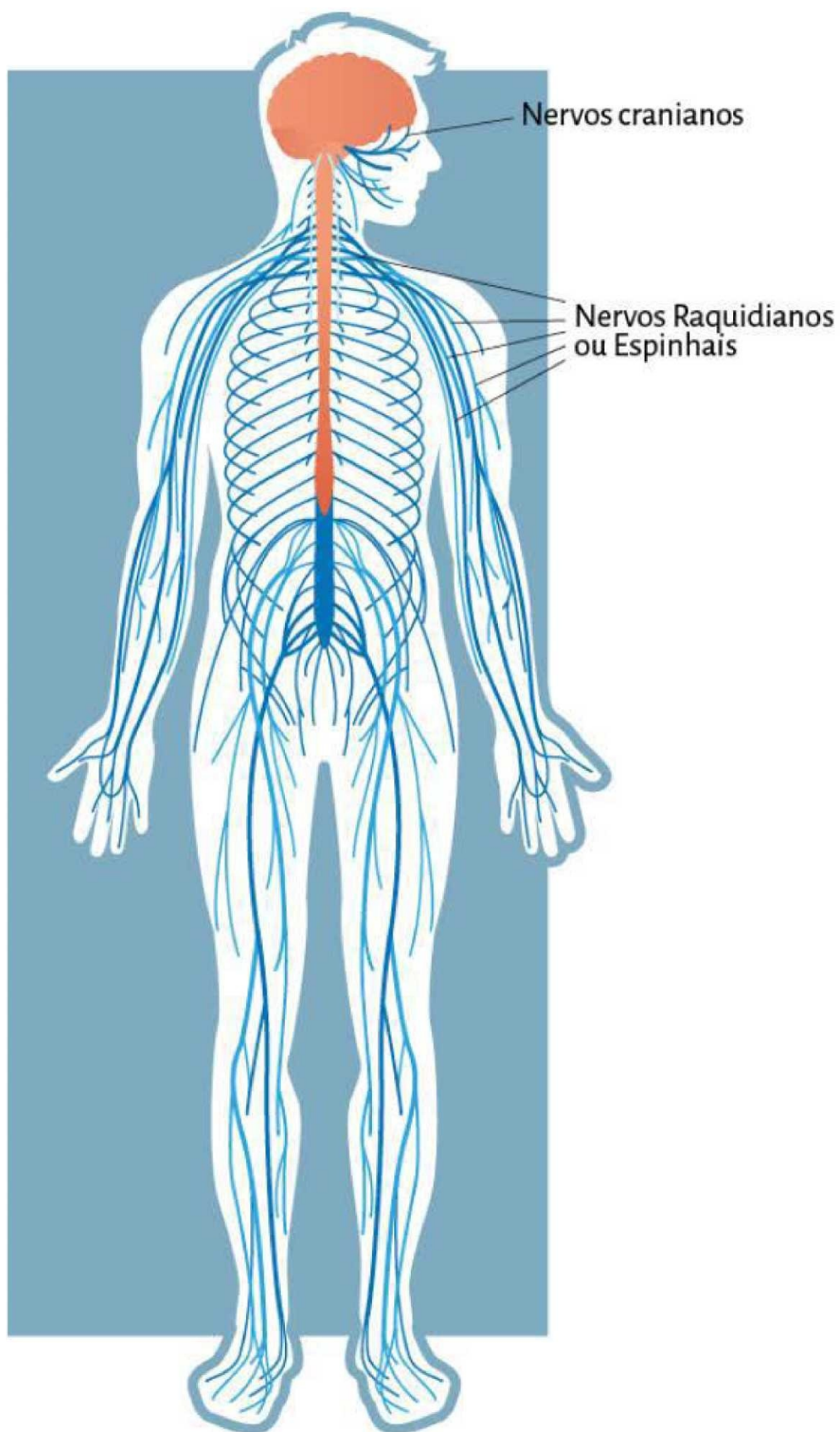
Também contribuíram muito as experimentações feitas com animais, especialmente durante o século passado.

No entanto, o que nos importa agora é destacar que, para entender os fatores que influenciam o comportamento, é necessário, antes de mais nada, compreender os elementos que podem influenciar a contração dos músculos. É

preciso evidenciar o sistema nervoso com um sistema hierárquico: cada uma das áreas, núcleos e vias que interferem diretamente nas contrações musculares, além de todas as regiões que podem indiretamente influenciar sua atividade, acabam por influenciar o nosso comportamento.

A princípio, até parece simples. Mas é preciso atentar para o fato de que, sendo o sistema nervoso tão talmente interligado e capaz de gerar muitas conexões e influências, não há nenhuma estrutura dele que esteja completa mente desconectada do comportamento. E é aí que a coisa complica! Vale lembrar o que já conversamos no primeiro Capítulo e que agora ficará ainda mais evidente: a maior razão para encéfalos existirem é gerenciar o movimento!

O movimento é o elemento mais observável e tangível do nosso comportamento.



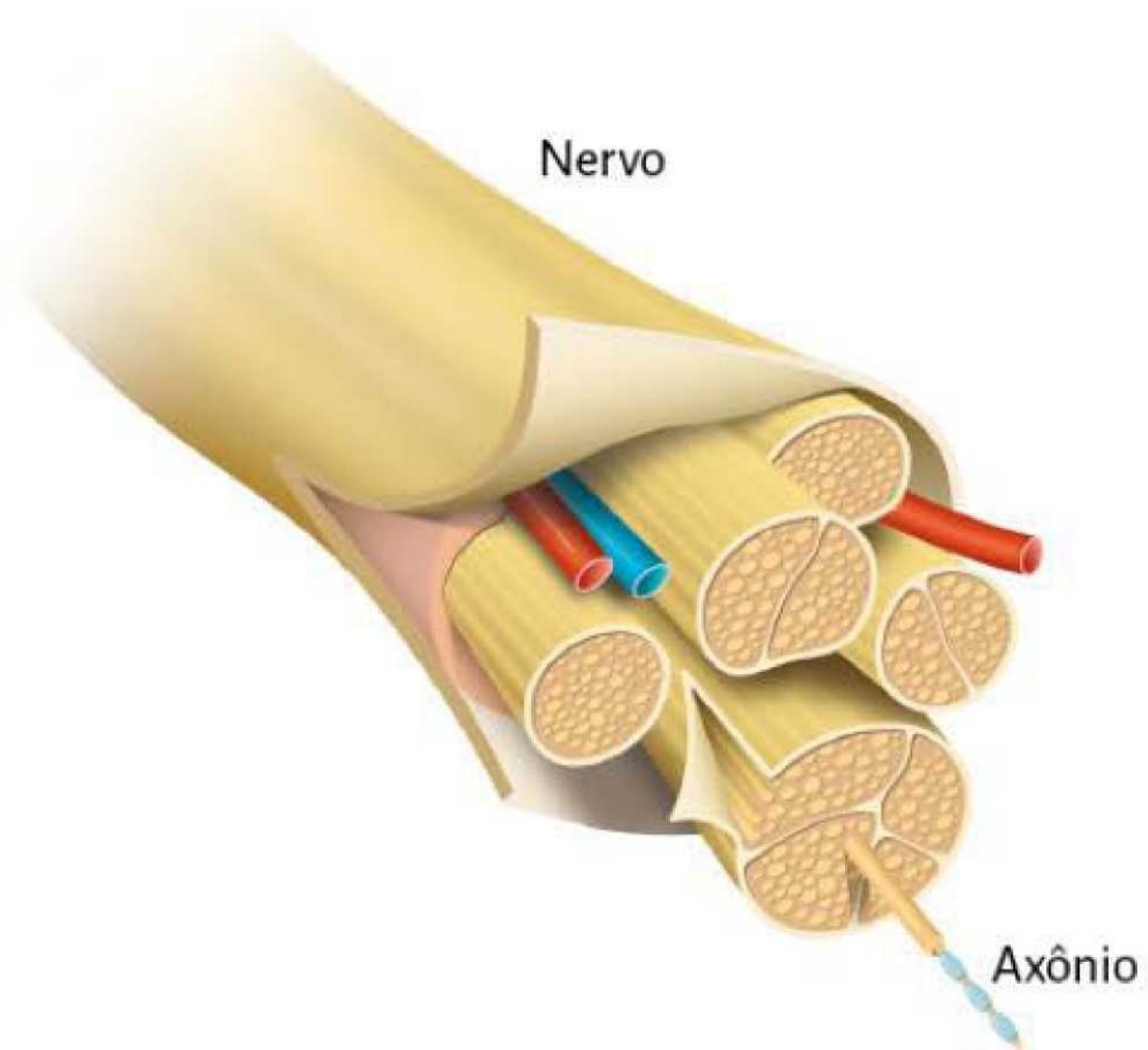
Nervos cranianos e raquidianos

Músculos em movimento

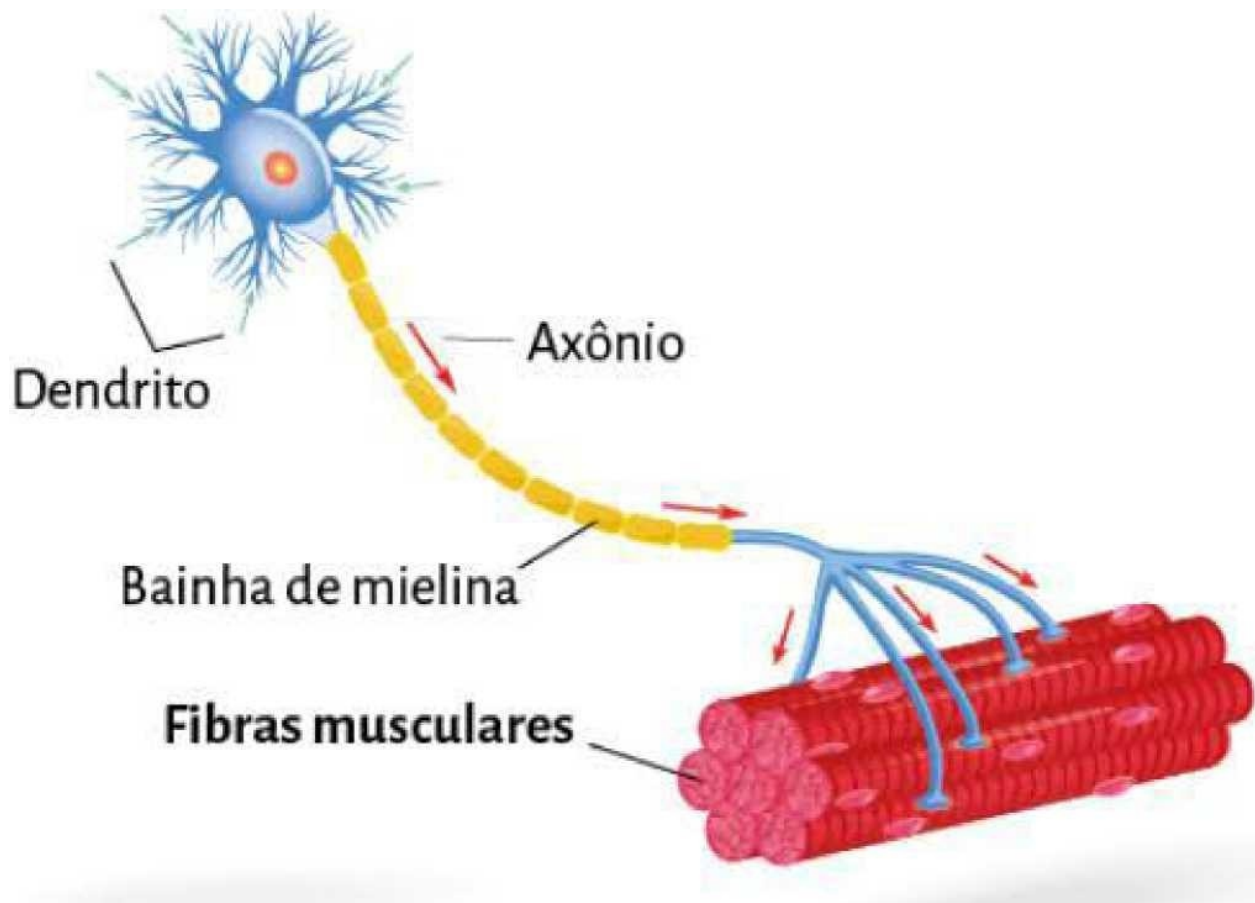
Lembra-se de que falamos das estradas de ida do sistema nervoso (receptores e vias sensoriais) e das estradas de volta (vias motoras e efetores)? Agora, trataremos mais especificamente das tais estradas de volta, responsáveis pelos movimentos.

No nível hierárquico mais simples do sistema motor, encontram-se os chamados "neurônios motores inferiores". Seus corpos neuronais estão na medula espinhal ou em núcleos do tronco encefálico. Já seus axônios passam por dentro dos nervos que saem da medula espinhal (os nervos espinhais ou raquidianos) e também dos nervos que emergem do encéfalo (os nervos cranianos).

O papel desses axônios é liberar nas suas terminações um neurotransmissor chamado acetilcolina e, através dessa liberação, ativar a contração das células musculares que estão em contato com tais terminações.



Estrutura dos nervos: axônios em feixes passando por dentro



Neurônio motor libera acetilcolina e movimenta o músculo Ao analisar a motricidade, encontraremos algo muito semelhante ao que vimos com os receptores sensoriais. Lembra-se do experimento das pontas das lapiseiras e a variação da sensibilidade em diferentes partes do nosso corpo?

Com ele, chegamos à conclusão de que as regiões da pele com grande quantidade de neurônios faziam com que os receptores tivessem à sua disposição neurônios específicos para levarem a informação proveniente de poucos receptores para as diferentes áreas do sistema nervoso central. Por essa razão, nessas regiões inervadas por um bom número de neurônios, a sensibilidade era bem melhor, certo?

O mesmo acontece em relação à motricidade. A diferença é que os neurônios motores inferiores se ligam a células musculares, também chamadas de fibras musculares. Veja só: qual a diferença entre um neurônio que é responsável por comandar apenas uma única fibra muscular e outro que está conectado a uma

centena ou a milhares de fibras musculares simultaneamente?

O primeiro neurônio, que está conectado apenas a uma célula ou fibra muscular, quando for ativado, isto é, quando tiver correntes elétricas passando por ele, irá liberar neurotransmissores - no caso, a acetilcolina - que provocarão a contração dessa fibra. Já o neurônio que está ligado a muitas fibras musculares, quando for ativado e liberar acetilcolina, provocará a contração de inúmeras fibras musculares simultaneamente.

Vejamos então a diferença entre esses dois tipos de neurônios, pensando em suas funções. Aquele que tem apenas uma fibra muscular sob seu comando garante que a atividade dele seja absolutamente específica: ativar esse neurônio significa ativar única e exclusivamente uma fibra muscular. Já o outro neurônio, quando ativado, produzirá a contração de um número múltiplo de fibras musculares. Para designar essas diferenças entre os neurônios motores interiores, utilizamos o conceito de unidade motora. A unidade motora de um neurônio é representada pelo conjunto de fibras musculares que são inervadas por ele.

Assim, temos neurônios cuja unidade motora é igual a 1 e neurônios cuja unidade motora é representada por milhares de fibras musculares. Quanto menor for a unidade motora, maior será a especificidade do controle produzido por esse neurônio.

Isso significa o seguinte: quanto menor for a unidade motora, melhor será o controle do músculo em questão. A motricidade fina só é possível quando o movimento está sendo realizado por músculos cujas unidades motoras são pequenas. É isso o que ocorre na musculatura que governa os movimentos de nossos dedos das mãos e dos pés e também dos nossos lábios e língua. Aliás, a motricidade fina é um atributo quase que exclusivo dessas regiões do corpo. Além delas, os punhos e as articulações dos membros são governados por músculos com pequenas unidades motoras. Já os grandes músculos das pernas, abdômen e tronco, que utilizamos para movimentos grosseiros e estereotipados, possuem unidades motoras bem maiores.

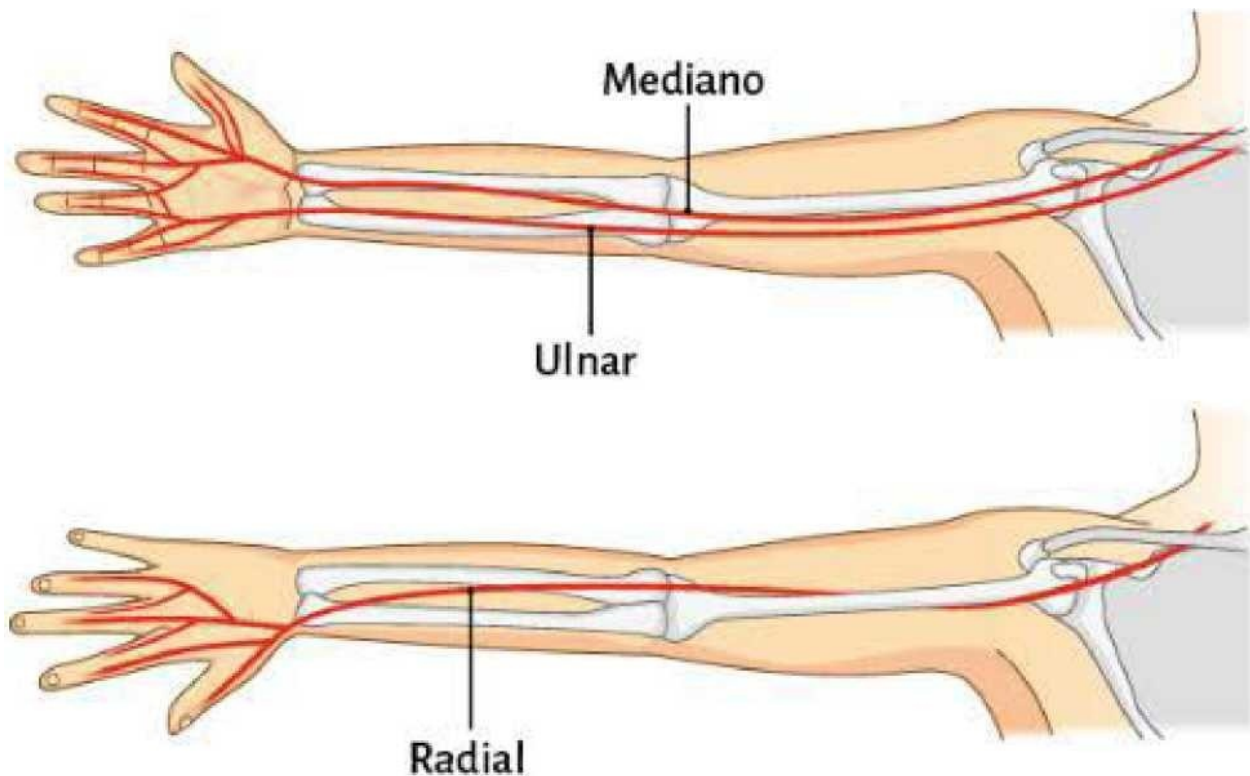
Mas não é só isso. Esses neurônios motores inferiores, ligados diretamente aos músculos - tanto de pequenas como de grandes unidades motoras cujos corpos estão localizados no tronco encefálico e na medula espinhal, são os únicos que podem provocar a contração das fibras musculares e governar os movimentos de

ossos e articulações para que um movimento ocorra, isso quer dizer que, para que haja um movimento, de qualquer natureza, é preciso que esses neurônios sejam ativados.

E de onde vem o comando para que isso ocorra?

Vamos pensar em um conjunto de neurônios cujos corpos estão localizados nas porções cervicais da sua medula espinhal (na região do pescoço).

Lá na substância cinzenta da medula espinhal, vamos encontrar esses corpos neuronais espalhados por alguns segmentos da medula. Seus axônios trafegam por diferentes nervos como o ulnar, radial e mediano que passam pelas axilas e vão caminhando pelos braços até atingirem as regiões musculares que são responsáveis por ativar.



Nervos dos braços: mediano, ulnar e radial Pense especificamente no conjunto de neurônios que são responsáveis pela ativação de fibras musculares que, quando contraídas, irão provocar movimentos específicos dos dedos e do braço. Por exemplo, imagine um estímulo muito

específico que irá provocar um movimento de abrir as mãos e afastar os braços,

como o movimento que você precisa fazer para largar um objeto extremamente quente que pegou inadvertidamente e afastar seu braço dele. Estamos analisando a atividade de neurônios que, quando ativados, coordenam um movimento bastante sincrônico de abrir as mãos e contrair os braços. Pensemos, então, quais neurônios estão sendo ativados nesse caso?

Como os corpos desses neurônios efetores são encontrados na medula espinhal, podemos inferir que neurônios sensoriais provenientes das mãos e dos braços podem influenciar a atividade deles já que as informações dos neurônios sensoriais chegam até eles. As regiões da pele das mãos e dos braços têm seus receptores sensoriais ligados a neurônios que seguem para a medula espinhal cervical (região do pescoço). Lá, esses neurônios sensoriais podem fazer conexões diretamente com os neurônios motores inferiores ou então com pequenos neurônios localizados dentro da substância cinzenta da medula espinhal, os chamados interneurônios, que por vezes servem de intermediários entre neurônios sensoriais e motores.

Também é possível, ainda dentro da medula espinhal, que neurônios de outros segmentos da medula possam estar conectados aos interneurônios ou mesmo aos neurônios motores diretamente. Essas conexões funcionam para integrar diferentes segmentos do corpo que atuam coligados para alguma função, como os membros superiores e inferiores que precisam estar conectados para coordenar o movimento de andar ou correr.

Os neurônios motores inferiores também recebem conexões importantes de neurônios provenientes do encéfalo. Mais especificamente vindo de áreas bem elaboradas do mesencéfalo e do córtex cerebral, que são áreas importantes para o controle da motricidade. E temos ainda neurônios motores vindo de todo o tronco encefálico, especialmente da formação reticular e dos núcleos vestibulares, que formam as vias descendentes mediais e atuam no controle da postura e equilíbrio.

Em uma região do córtex frontal chamada de giro pré-central (lembra-se de que talamos da área vizinha da "tiara" do córtex somatossensorial? A área motora primária, é ela!) estão 90% dos neurônios cujos axônios descem até os mais variados segmentos da medula espinhal e lá fazem contato sináptico para ativar os neurônios motores inferiores diretamente ou através de interneurônios.

Esses neurônios que saem do córtex cerebral para interagirem e comandarem a

atividade de neurônios motores inferiores são chamados de "neurônios motores superiores", exatamente para que se diferenciem dos inferiores.

Imagine agora a seguinte situação: você passou a manhã inteira preparando uma deliciosa lasanha que será o almoço da sua família. Fez com bastante

esmero, caprichou na montagem, nos ingredientes e no molho para agradar a todos. Na hora de retirar a lasanha do forno, com a família já toda sentada em torno da mesa, você pegou um pano de prato em cada mão e retirou a forma da lasanha de dentro do forno. Inicialmente, você não sentiu nada, mas em poucos instantes, com a lasanha em suas mãos já fora do forno, seus neurônios termoceptivos (receptores de temperatura), nociceptivos (receptores de dor) e táteis (receptores mecânicos do toque) identificaram que a forma estava quente demais e levaram essa informação para a sua medula espinhal. A informação tátil é a que chega mais rápido à medula (via epicrítica), mas ela está ok, já que a deformação mecânica que o peso da forma causa em seus dedos é absolutamente esperada. Mas o fato de você ter protegido suas mãos com o pano, faz com que não espere uma sinalização de atividade de dor e alta temperatura. Porém, o que o seu sistema nervoso está sinalizando contradiz sua expectativa. O paninho não foi suficiente e está chegando em sua medula espinhal uma sinalização de iminente lesão por calor. Seu sistema nervoso precisa fazer algo para evitar que o calor que está passando da forma da lasanha para a sua pele provoque uma lesão.

Assim que a atividade dos neurônios sensoriais protopáticos gerar a liberação de neurotransmissores sobre os neurônios motores inferiores dos dedos da mão e dos braços, é possível gerar uma atividade elétrica nesses neurônios motores e provocar contrações musculares que determinem que as suas mãos abram, soltando a lasanha, e seus braços se afastem da fonte de lesão. É exatamente esse o papel dos neurônios protopáticos. Provocar reações imediatas, instantâneas, dependentes de um número mínimo de transmissões sinápticas e que sejam altamente eficientes para que as mãos sejam presepadas.

Só há um pequeno problema nessa história: não é exatamente isso o que acontece na realidade. Na vida real, quando você enfrenta essa situação, continua segurando a Lasanha e sai correndo em direção a alguma superfície na qual você possa apoiá-la, livrando suas mãos do calor. Pode acabar até sofrendo uma leve queimadura ou se queimar seriamente, mas a opção de largar a lasanha e deixá-

la se espatifar no chão, levando todo o trabalho que teve durante a manhã, não

existe. Isso só ocorreria se a atividade dos neurônios sensoriais fosse muito intensa.

Mas é exatamente nesse ponto que a coisa fica mais interessante. Para que esse comportamento natural de auto proteção não ocorra e você não largue a forma, ele precisa ser inibido. Se a mesma situação acontecesse com uma criança ou mesmo com uma pessoa sem experiência na cozinha, correríamos o risco de testemunhar um desfecho bem diferente: lasanha no chão e pra todos os lados!

Com uma criança de 10 anos segurando a forma da lasanha quente, é quase certo que aconteceria um acidente. Isso, porque o sistema nervoso da criança ainda

não teve experiências suficientes para modificar essa resposta direta e natural, automática. O sistema nervoso dela está funcionando quase como veio de fábrica e, quando os neurônios protopáticos são ativados, eles acabam ativando os neurônios motores inferiores, que provocam o afastamento do membro do corpo da fonte de calor. Simples assim. Essa é uma resposta de proteção que atua para preservar a vida do indivíduo. Esse movimento é reflexo e, como vimos, depende exclusiva mente do estímulo que o provoca para acontecer.

Mas e o que acontece em nós, adultos, que faríamos de tudo para preservar a lasanha?

Se você pensou que, durante o desenvolvimento, perdemos a capacidade de reagir reflexamente e nos proteger, saiba que não foi isso o que aconteceu. não perdemos nossa capacidade de reagir reflexamente, mas nossas experiências de vida criaram novos circuitos. E o que isso significa? Esses novos circuitos possuem graus cada vez mais complexos de intencionalidade. Cada momento em que, ao longo de nossa trajetória, interagimos com pratos, formas e xícaras quentes foram cruciais para que avaliássemos o resultado e construíssemos inferências e circuitos neuronais que nos ajudassem a alcançar melhores resultados. O prato com comida esparramado no chão, as mãos queimadas pelo liquido quente derramado e outras péssimas experiências foram importantíssimas para que os neurônios motores superiores trouxessem lá do encéfalo um outro tipo de comando, completamente diferente daquele que se origina do sistema sensorial protopático.

Agora, o comportamento é balizado pelas experiências e tem a intenção de evitar erros, não somente de evitar lesões. O comportamento passa a ser um pouco

mais "refinado", mais complexo, conta com mais informações em jogo.

Até um limite suportável e que não ocasione danos irreparáveis, o sistema protopático será antagonizado pelo sistema motor superior, representado nesse sistema pela influência que os neurônios motores superiores vão ter sobre os neurônios motores inferiores.

Como o sinal protopático enviado pelos neurônios sensoriais está diretamente ligado ao neurônio motor inferior já na medula espinhal, a atividade dos neurônios motores superiores não poderá esperar o sinal sensorial chegar até o córtex para ativar o neurônio motor superior e só daí influenciar a atividade do neurônio motor inferior modulando-a, Seria tarde demais e era uma vez uma lasanha apetitosa e caprichada! O sucesso da atividade de neurônios motores superiores que permite aguentar o calor da forma da lasanha nas mãos enquanto providencia um local para apoiá-la, virá de um tipo de atividade que requer um conjunto grande de circuitos neuronais inter-relacionando muitas regiões do sistema nervoso ao mesmo tempo: a atividade do córtex cerebral integrada ao

cere belo e aos núcleos da base, com grande influência dos sistemas de memória, que gera uma atividade inibitória antecipada nos neurônios motores superiores -

antes mesmo de você pegar na formal

Assim, ao abrir a porta do forno e se aproximar da lasanha quente, todo o seu sistema estará integrado para garantir que a lasanha não seja largada no primeiro impulso sensorial que a medula espinhal receba. É como se os seus neurônios motores superiores trouxessem um recado de lá de cima, lá do córtex cerebral, dizendo o seguinte: 'Aconteça o que acontecer, não largue essa lasanha!'; Agora, coloque-se no lugar do neurônio motor inferior que está quietinho lá na medula espinhal, sem saber de nada. Ele recebe um estímulo forte do córtex motor orientando a atividade neuronal para que os músculos peguem a lasanha e não soltem por nada. Ao pegar na lasanha, ele recebe um estímulo do sistema sensorial para soltar a lasanha. E como a decisão é tomada? O que determina que os neurônios motores inferiores comandem os músculos para segurar ou largar a lasanha?

O neurônio motor inferior está recebendo um sinal duplo e ambíguo, A mensagem vinda do neurônio motor superior diz para os músculos permanecerem segurando a lasanha, enquanto os neurônios sensoriais estão

querendo que eles larguem a lasanha. A decisão de atender a um ou a outro neurônio é tomada a partir da influência que cada um tem sobre o tal neurônio motor inferior. E essa influência é determinada pelo número de sinapses formadas entre eles e pela eficiência dessas sinapses.

A grande sacada é que nossas experiências podem formatar essa influência, tornando-a mais forte ou mais fraca. Quem irá ganhar nessa briga e provocar o comportamento é justamente a atividade neuronal que estiver mais forte e mais eficiente. Se a temperatura for muito afia, os neurônios sensoriais atingirão uma

atividade de alta frequência e terão mais chances de influenciar os músculos, Se a importância da lasanha for alta, serão os neurônios corticais que gerarão uma atividade imbatível.

De maneira simplificada, essa é a enorme capacidade do sistema nervoso de computar e processar informações que acabam por determinar nossas ações e reações. Parece complicado, né? E é mesmo. Se fosse simples, você não acreditaria que esse sistema é responsável por tudo o que você sente, pensa e faz, não é mesmo?

A intenção e a consciência

Falamos acima dos neurônios motores superiores, cujos corpos neuro na is se encontram no córtex cerebral e seus axônios se dirigem até o tronco encefálico ou à medula espinal para influenciarem a atividade dos neurônios motores inferiores direta ou indiretamente e provocar o movimento dos músculos. Os neurônios motores superiores são responsáveis por fazer com que o conjunto de experiências, memórias e processamentos de todas as áreas do encéfalo influencie a atividade intencional dos músculos do corpo.

Mas, atenção! Quando chamamos essa modalidade de "atividade intencional", não estamos afirmando que tal intencionalidade é consciente para o indivíduo, nem que é dirigida por sua consciência. Podemos ter comportamentos intencionais executados sem que nossa consciência tenha sequer tido tempo de atuar, muito menos de direcioná-los. Pense num goleiro experiente de um time de futebol. Quando um atacante chuta para o gol de repente, ele não precisa pensar: “a bola está vindo e pularei agora para pegá-la”. Quando ele se dá conta, a bola já está em suas mãos ou, nos casos mais fatídicos, balançando a rede nas suas costas. Sua consciência apenas acompanha o desenrolar dos fatos.. Mas não

há dúvidas de que havia a intenção de pegar a bola, mesmo sem a consciência

“mandar”. É preciso que deixemos essa diferença muito clara entre o que é apenas “intencional” e aquilo que é “intencional e consciente” ao mesmo tempo.

E o que os faz diferentes?

Abra aí o seu baú de memórias e recorde quando você começou a aprender uma tarefa motora muito difícil: tocar um instrumento musical, andar de bicicleta, dirigir um carro ou mesmo aprender a escrever. No início, parecia tudo complicado e que você não ia dar conta, não é? Cada movimento que você fosse fazer precisava ser pensado, caso se distraísse, fazia tudo errado. E também, aconteciam muitos erros de coordenação dos movimentos, de falta de habilidade, de precisão e de estabilidade muscular, certo? Se fosse necessária uma sequência rápida, a performance era ainda pior. E se acontecesse uma mudança imprevista no ambiente, na direção do movimento ou na força necessária, lá vinha o erro nova mente. Quantos erros precisaram ser cometidos até que começasse a acertar!

E, depois, com a prática, quanta diferença! Você não precisa mais pensar para andar de bicicleta ou trocar de marcha no automóvel, faz automaticamente! Com intenção, mas sem necessariamente a consciência!

Esse é um ponto incrível do funcionamento do sistema nervoso: compreender como cada uma das áreas que interferem na construção do comportamento motor interagem para produzir movimentos de alta precisão e harmonia. Foi essa interação que possibilitou que os animais desenvolvessem movimentos intencionais simples como aproximar o focinho de algo para obter informações mais precisas a partir do olfato, levar alimentos até a boca para comer como

fazem os pequenos roedores ou manipular instrumentos como nossos primos distantes, os primatas.

Na espécie humana, essa capacidade de processar diferentes informações conjuntamente teve um desenvolvimento surpreendente, possibilitou desde a construção de representações pictóricas em cavernas na idade da pedra até o elevado nível de interação com o ambiente que temos hoje, manipulando máquinas complexas como aviões e computadores, desenhando em grãos de arroz ou dobrando origamis. Há campos em que a destreza manual humana espanta, como é o caso dos cirurgiões, que operam por vídeos ou manipulando

robôs de alta precisão, e dos músicos, que tocam instrumentos que requerem muita técnica, precisão e alta qualidade de interpretação.

Mas há um comportamento ainda mais complicado, bastante elaborado, que exige precisão e destreza e que, apesar de tudo isso, a grande maioria dos seres humanos consegue executar: a fala, são tantos músculos movidos com precisão espantosa e que podem atingir uma velocidade incrível de execução que podemos dizer que esse é um dos mais complicados comportamentos a serem totalmente desenvolvidos. Uma criança pode levar até 6 anos para ser capaz de pronunciar corretamente todos os sons, e a velocidade total da fala ainda precisará de mais alguns anos para ser totalmente finalizada. Nesse exemplo, só precisamos tomar cuidado para não confundir fala com linguagem. A fala diz respeito aos aspectos motores de lábios, línguas e músculos da face. Já a linguagem é algo bem mais complexo, que envolve elementos cognitivos e executivos, como veremos mais adiante.

Vale destacar que os comportamentos intencionais dependem sempre dos sinais neurais que são enviados dos neurônios motores superiores para os neurônios motores inferiores.

Tipos de movimento

Podemos dividir nosso comportamento motor em basicamente três tipos de movimentos:

O primeiro tipo são os movimentos reflexos, Esses são movimentos realizados em resposta reflexa a um estímulo sensorial, com padrão estereotipado de realização e insensíveis ao treinamento. Ou seja, não se pode aprimorar um movimento reflexo a partir de repetições ou adaptações. No entanto, como vimos anteriormente no exemplo da lasanha, ele pode ser suprimido pela vontade do indivíduo, mas esse controle requer experiência pregressa.

O segundo tipo são os movimentos voluntários. O nome nos leva à ideia de

que este tipo de movimento está, diretamente relacionado à vontade do indivíduo e, portanto, ao acompanhamento de sua consciência. Porém, este termo está muito mais a serviço de separar este tipo de movimento daquele movimento reflexo ou dos movimentos involuntários de nossos órgãos viscerais, como o coração. Assim, o termo movimento voluntário inclui todo tipo de movimento que depende da anuência do indivíduo para sua realização, Nem sempre

controlado pela consciência. Mas apesar de não ser totalmente controlado por ela, o movimento voluntário precisa que ela permita sua ocorrência. Neste caso, funciona muito bem o ditado: "quem cala consente". Se a consciência do indivíduo não se opuser, ele terá um repertório comportamental típico para cada situação, construído com base na sua experiência de vida e muitas vezes realizado sem acompanhamento consciente. Seria a resposta padrão.

Podemos, portanto, subdividir os movimentos voluntários em conscientes e inconscientes. Assim, chamamos de "comportamento voluntário inconsciente"

aquele realizado pelo indivíduo, em anuência com sua vontade, porém sem consciência direta de sua realização - este é o tipo de movimento que realizamos a maior parte do tempo! E chamamos de "movimento voluntário consciente"

aquele desempenhado com o acompanhamento constante da atenção e consciência do indivíduo - neste caso, o comportamento gasta mais energia para ser realizado e está mais sujeito a erros.

E o terceiro tipo são movimentos rítmicos. Nestes movimentos, intercalamos ação voluntária e reflexa: o início e término do movimento são ações voluntárias e a execução e a manutenção são reflexas. Um ótimo exemplo é pedalar, correr ou mesmo o movimento de coçar típico do cachorro.

Organização hierárquica do sistema motor

Para que fique mais claro, podemos ressaltar que nosso controle motor é exercido por um sistema de organização hierárquica, que foi se desenvolvendo das instâncias inferiores para as superiores ao longo da evolução humana. São três níveis hierarquicamente organizados que são responsáveis por partes específicas do controle do movimento,

O nível 1 é aquele representado pela medula espinhal e suas relações sensoriais e motoras com os músculos, pele e outras estruturas da periferia do corpo. Neste nível, um grande número de reações motoras já pode ser organizado e posto em prática, mesmo não contando com as interações dos níveis superiores. Aqui, vários mecanismos reflexos já podem ser realizados.

Este nível de controle é responsável por reflexos simples que estão relacionados com a manutenção da estabilidade das articulações, ajustes de força de contração

em decorrência de variações na carga apresentada, manutenção de tônus muscular, realização de movimentos para retirada de partes do corpo de fontes de lesão tecidual (como vimos com uma fonte de calor), entre outros.

Para o funcionamento de todo o sistema motor, é imprescindível que o nível 1

esteja funcionando perfeitamente. Se os neurônios motores da medula (via final comum do controle motor) não estiverem adequadamente preservados, nenhum outro nível envolvido no controle motor poderá realizar suas funções. Para que os níveis superiores operem adequadamente, a conexão neuronal entre medula e músculos esqueléticos tem que estar operando bem.

O nível 2 do sistema motor está relacionado a áreas do sistema nervoso que participam do controle motor atuando em mecanismos de preservação de postura corporal adequada e na manutenção do equilíbrio, através de mecanismos compensatórios e também antecipatórios. Representado por áreas do tronco encefálico. Este nível é responsável pelo dinamismo de nosso corpo nos diferentes momentos do dia porque está diretamente relacionado com nosso nível de vigília e grau de atenção. A colaboração do vestibulo cerebello, uma porção mais antiga do cerebello do ponto de vista evolutivo, é fundamental para a manutenção do equilíbrio e para a capacidade de ajustes posturais durante a realização de movimentos rápidos, mesmo aqueles movimentos voluntários que foram sujeitos a treinamento para automatização. A manutenção do tônus muscular adequado também é ajustada pelo vestibulo-cerebello.

Já no nível 3 encontramos as estruturas responsáveis pela organização do movimento voluntário e que são a expressão de nossas tomadas de decisão e da nossa personalidade. Esse nível é representado por diferentes áreas do telencéfalo - que interagem com nossos sistemas executivo e emocional - e apoiado pelas porções mais desenvolvidas do cerebello (espino-cerebello e cerebro-cerebello). É o nível de maior complexidade na construção de nossos movimentos.

Por fim, vale enfatizar a importância dos mecanismos neurais envolvidos com a motricidade do indivíduo já que refletem o nosso comportamento, nossa capacidade de agir no mundo. não há nenhuma interferência que façamos no nosso ambiente e na nossa vida que não seja dependente da organização e controle de nossos músculos. De fato, o nosso comportamento é direta mente relacionado à forma como controlamos nossos músculos, de maneira reflexa ou

voluntária, com mais ou com menos consciência. Comportamento é movimento!

Processamento sensorial e resposta motora Nosso sistema motor é extremamente integrado com o sistema sensorial, À

medida que processamos novos estímulos do ambiente, vamos modificando nossas respostas motoras para que sejam as melhores para a nossa adaptação ao ambiente naquele instante.

Imagine um pequeno animal, como um coelho, que acaba de se alimentar e, de repente, é surpreendido por um feroz predador. Congele a imagem! Nesse instante, o coelho recebe informações do ambiente indicando que ele precisa fugir! Mas seu organismo está preparado para digerir... A presença do alimento no estômago estimula receptores mecânicos, localizados na parede do estômago.

Estes estão ligados a neurônios locais e se conectam ali mesmo na parede do estômago com neurônios motores que estimulam as células musculares e provocam a contração do estômago. Assim o estômago pode cumprir seu papel de misturar os alimentos ao líquido ácido estomacal e dissolvê-los. Enquanto houver alimento ali dentro, o estômago secreta, um líquido com grande teor de ácidos e provoca contrações organizadas para que o alimento seja bem misturado a esse líquido e dissolvido.

Essa é a função do estômago. E ela é bastante importante. Especialmente para animais que não possuem hábitos de higiene como os dos seres humanos e que precisam da acidez do estômago para matar boa parte dos microrganismos que entram no corpo junto com o alimento. Em nosso caso, os hábitos de cozimento e lavagem de alimentos e utensílios de cozinha fazem com que a carga de microrganismos presentes nos alimentos não seja tão alta. De qualquer forma, essa é uma das barreiras químicas que possuímos para bloquear tais microrganismos.

A presença de alimentos no estômago é suficiente para que este órgão tenha suas contrações estimuladas por ação do sistema nervoso entérico, presente na parede do esôfago, estômago e intestinos. Isso significa que, após um animal se alimentar e não importa se somos nós humanos ou um coelho, boa parte da energia disponível no seu corpo será utilizada para os processos digestórios e o ideal é deixar o resto do corpo mais quieto para que a digestão seja feita adequadamente. Pense naquela leseira, moleza ou preguiça que sentimos depois

de comer uma bela feijoada,

Agora, volte à imagem congelada do coelho, junte com a sua sensação pós-feijoada. O coelhinho estava lá feliz da vida após bater uma pratada de sua

“feijoada” de cenoura e rabanetes, barrigão cheio, leseira,, E aí. nesse exato momento, aparece um predador. Os olhos do pequenino arregalam, o coração

palpita, a respiração acelera. O comedor de cenouras precisa correr em alta velocidade para salvar sua vida. Mas de onde ele vai tirar energia para isso com o barrigão cheio? O que acontece em seu organismo?

Imediatamente, o processo de digestão é interrompido. Afinal não há problemas em guardar a comida para digerir um pouco mais tarde. Isso é fundamental porque a digestão está consumindo uma significativa quantidade de sangue, mas os músculos e o coração precisarão de muito sangue para suprir suas células com a energia necessária para todo esse movimento do corpo correndo em disparada para se safar do predador,

É aí que o sistema nervoso mostra o seu brilhante papel de maestro. Diante dessa situação, a informação sensorial recebida pelo coelho sobre a possibilidade de ataque que ele está, sofrendo provoca uma reação corporal maciça, orquestrada pelo sistema nervoso autônomo aquele que é involuntário, sobre o qual não temos controle. Essa parte do sistema nervoso irá ativar mecanismos reflexos que farão com que os batimentos cardíacos aumentem (coração dispara) e que o fluxo sanguíneo seja desviado das vísceras (digestão interrompida) para os músculos, que promovem o movimento (corpo corre). A salivação e outras secreções digestórias são interrompidas (boca seca). O diâmetro da pupila aumenta (olhos arregalam), favorecendo a visão de perto, e os brônquios se dilatam para auxiliar na troca de ar com o ambiente, favorecendo a respiração (respiração acelera).

Todas essas alterações estão sendo feitas juntas para que as chances de sucesso do coelho na fuga, ou mesmo em um enfrentamento, sejam maiores do que se ele estivesse usando sua energia para a digestão.

Por esse motivo, os animais que possuem um sistema nervoso, mesmo que bem simples, podem organizar suas respostas corporais a partir das diferentes entradas sensoriais, adaptando-se às exigências do ambiente e aumentando suas chances de sobrevivência. E imagine o ser humano com seu complexo e potente

sistema nervoso!

As “autoestradas” motoras

O conjunto de neurônios que saem do córtex cerebral e terminam na medula espinhal é chamado de via corticoespinhal. Já o conjunto de neurônios que saem do córtex e vão até os núcleos dos nervos cranianos do bulbo e da ponte, no tronco encefálico, são chamados de via corticonuclear.

Repare que a maioria dos nomes das vias neuronais começa com o local onde a via se origina, onde fica o corpo do neurônio na maioria das vezes. Nesse caso,

está representado pelo termo “córtico”. que vem de córtex. Já a segunda parte do nome, representa o local onde estão as terminações dos axônios, No caso da via corticoespinhal, esse local é a medula espinhal e, no caso da via corticonuclear, são os núcleos dos nervos cranianos. Essa mesma regra é usada para dar nome à grande maioria das vias neuronais.

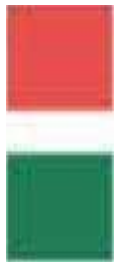
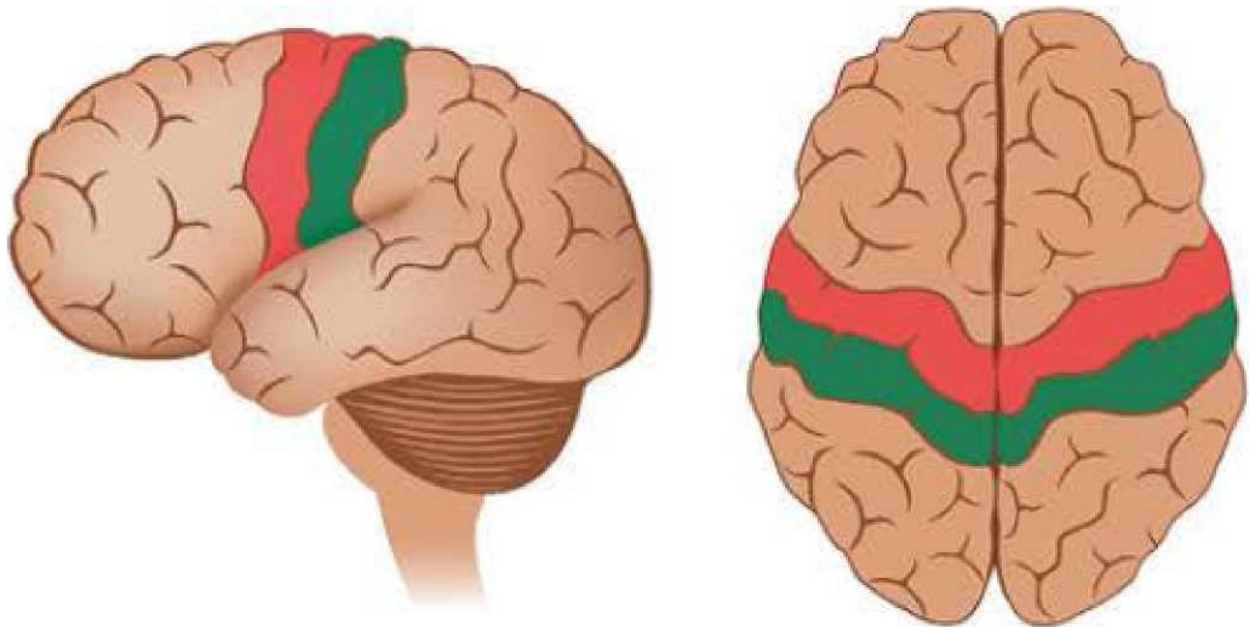
Agora que já demos nomes às vias, voltemos à corticoespinhal. Nessa via, há tantos neurônios participando que quando uma boa parte dos neurônios pertencentes a essa via cruzam a linha mediana na medula, isto é, decussam, dá até para ver o cruzamento desses neurônios, que acabam formando uma imagem parecida com uma pirâmide. Esse lugar fica no bulbo e chama-se decussação piramidal.

A importância funcional de conhecermos a tal da decussação piramidal é que podemos fazer novamente um paralelo entre o sistema sensorial e o sistema motor. Imagino que você se lembre de que a informação sensorial do lado direito do corpo chega no hemisfério cerebral esquerdo e vice-versa, certo? Pois bem, o mesmo acontece com o sistema motor. Os neurônios que controlam o movimento do lado direito do seu corpo estão localizados no lado esquerdo do seu córtex cerebral e vice-versa. E não é de se estranhar que isso seja assim, afinal, se a informação sensorial é um elemento tão importante para a construção do movimento, nada mais óbvio do que os neurônios sensoriais e motores estarem bem próximos uns dos outros.

Como dissemos anteriormente, no córtex, a proximidade entre neurônios sensoriais e motores é muito grande. Os neurônios do sistema sensorial que vão do tálamo para o córtex têm suas terminações axônicas localizadas em uma região do lobo parietal conhecida por córtex sensorial primário (ou área

somatossensorial primária), como dissemos anteriormente. Bem ao lado dessa região, mas já no lobo frontal, estão localizados os neurônios motores superiores.

Essa região é conhecida como córtex motor primário (ou área motora primária). Essas duas regiões são contíguas, ficam uma ao lado da outra, e são separadas por um profundo sulco, o sulco central. Assim, o córtex motor primário está localizado à frente do sulco central e recebe o nome de giro pré-central e o córtex sensorial está exatamente atrás dele e se chama giro pós-central.



Cortex motor primário giro pré-central

Córtex sensorial primário giro pós-central

Córtex motor primário

É importante ressaltar que o córtex motor primário é o local onde grande parte da mágica cerebral acontece. De lá se originam 70% dos neurônios que formam as vias corticoespinhais e cortico nucleares, O restante se origina de outras áreas

corticais. No córtex motor primário, chegam estímulos que são processados e computados pelos neurônios motores superiores e que irão influenciar sua atividade.

Para compreendermos como cada um dos movimentos é gerado, podemos investigar todas as vias e circuitos neuronais que têm acesso a essas áreas. Para sermos mais precisos, todas as partes do sistema nervoso têm acesso ao córtex motor primário, mas é certo que algumas regiões mandam informações mais direta mente e são justa mente essas que provocam danos maiores nos movimentos quando são lesionadas. No córtex motor primário é onde se localizam os corpos da maioria dos neurônios motores superiores, À frente dessa área primária, no lobo frontal, há outras áreas motoras que também participam at iva mente do controle motor, mas não possuem muitos neurônios motores superiores.

Essas outras áreas corticais participam de funções como o planejamento do movimento, seus neurônios estão fortemente conectados com aqueles da área motora primária e sua atividade está diretamente relacionada com a expressão de comportamentos motores um pouco mais complexos e que dependem da integração com o outro lado do corpo ou de diferentes partes do corpo simultaneamente.

Também se encontram nessas áreas os famosos neurônios-espelho. Esses neurônios são ativados quando estamos observando outra pessoa realizando um movimento que desejamos realizar. Acredita-se que, na observação, fazemos uma simulação mental do comportamento ativando os mesmos circuitos que faríamos se estivéssemos fazendo o movimento de fato e temos uma condição propícia para já ir praticando o movimento antes mesmo de realizá-lo. É esse um dos grandes motivos que nos tornam bons imitadores desde o nascimento e que nos favorecem aprender pela imitação.

Imagino que você já tenha ouvido falar no projeto Woji Again dirigido pelo neurocientista brasileiro Miguel Nicolelis, que trabalha no exterior, na Duke University, nos Estados Unidos. Esse projeto implica em tentar fazer com que pacientes que sofreram lesões na medula espinhal - paraplégicos - possam voltar a andar. A paraplegia é uma condição em que os corpos dos neurônios motores responsáveis pelos movimentos dos membros posteriores foram lesionados na medula espinhal. Desta maneira, eles já não são capazes de transmitir os sinais

provenientes do córtex cerebral (que seriam o comando para fazer movimentos voluntariamente) para os músculos, pois as estruturas ligadas a esse mecanismo de neurônios motores inferiores e superiores estão lesionadas. Os experimentos de Nicoletis captam a atividade elétrica produzida no córtex do paciente e transmitem para sensores localizados numa espécie de exoesqueleto, um aparato mecânico que está conectado ao corpo do paciente, substituindo seus músculos na função de movimentar as pernas. Ao transduzir a energia elétrica produzida pelos neurônios do córtex motor para esse exoesqueleto, ele movimenta o corpo do paciente, que está dentro dessa estrutura, fazendo-o andar.

Nesse ponto, a interação entre cérebro e máquina ganha ares de ficção científica. Mas de fato não é. É real. O indivíduo, experimentando a reação do exoesqueleto a cada uma das atividades que ele pode controlar no seu córtex, vai aprendendo a controlar o exoesqueleto da mesma forma com que aprendeu a movimentar seu próprio corpo durante toda a vida.

Uma das coisas mais interessantes é que o paciente só avança realmente nesse aprendizado quando ele tem também informações sensoriais disponíveis. Um dos desafios que a equipe de Nicoletis está enfrentado é equipar esse exoesqueleto com sensores que imitem o tipo de atividade elétrica que temos quando nosso sistema sensorial está intacto. É de suma importância para o controle motor que as informações sensoriais dos músculos, articulações e pés em contato com o chão sejam transmitidas para o encéfalo. É preciso ressaltar que a lesão medular também interfere na passagem da informação sensorial para o cérebro e impede que os feedbacks necessários para ajustes em tempo real possam ser realizados. Com essas limitações, o movimento executado pelo paciente vestindo o exoesqueleto ainda é bastante grosseiro, mas se traduz em um avanço importante para pacientes que tinham como expectativa permanecer sem andar para o resto da vida.

Lesões menos dramáticas que implicam na perda de movimento de um braço ou na recuperação de um membro perdido ou amputado com o uso de próteses já estão bem mais avançadas e têm resultados surpreendentes. À medida que esses exoesqueletos e próteses forem sendo enriquecidos com sensores e programas de inteligência artificial e aprendizado dinâmico, certamente poderemos dar uma condição de vida bem melhor a pacientes lesionados, bem próxima da normalidade. Podemos esperar que essa tecnologia esteja disponível em aproximadamente 10 anos. Um avanço e tanto!

Cerebelo e núcleos da base

Temos ainda duas estruturas com estreita relação com a motricidade, que influenciam a atividade do córtex motor: o cerebelo e os núcleos da base.

Já vimos que o encéfalo inteiro tem cerca de 86 bilhões de neurônios, certo? E

o mais surpreendente é que 80% desses neurônios localizam-se em uma pequena parte do encéfalo que corresponde a cerca de 1/10 do peso total dele e para qual muita gente nem dá atenção: o cerebelo. O cerebelo, que significa cérebro pequeno, é uma região toda dobrada e apertada em um pequeno espaço no crânio, que abriga 69 bilhões de neurônios. No passado, acreditava-se que as funções cerebelares se restringiam ao controle dos movimentos, já que pacientes com lesões nessa região do encéfalo apresentam sintomas como tremores, alterações no movimento e incapacidade de estabilizar contrações musculares adequadamente. Mas, nos anos 1990, começaram a surgir evidências clínicas de que o cerebelo tem funções bem mais abrangentes do que apenas motoras, como emocionais, afetivas e cognitivas.

Mas, por hora, como estamos falando de motricidade. o que nos interessa é conhecer o papel dos circuitos cerebelares no controle do movimento. Os 69

bilhões de neurônios do cerebelo estão organizados em circuitos bem definidos.

Esses circuitos se repetem pela estrutura cerebelar bilhões de vezes. O cerebelo, assim como o cérebro, também possui uma substância cinzenta (formada principalmente por corpos de neurônios) e uma substância branca (formada principalmente de axônios que tornam a região esbranquiçada pela mielina) e no seu interior há núcleos, conhecidos como núcleos profundos. Anatomicamente, o cerebelo se parece com um cérebro em tamanho miniatura. Mas, diferente mente do cérebro que tem diferentes circuitos e arranjos de conectividade entre seus neurônios dependendo da região, o cerebelo repete o mesmo tipo de circuito neuronal incessantemente por todas as suas inúmeras dobras, que parecem folhas de uma planta.

Esse circuito envolve neurônios sensoriais, que chegam ao cerebelo trazendo informações importantes sobre a propriocepção (posição do corpo) e sobre o ambiente. Também há uma informação muito preciosa que é trazida por neurônios chamados de “fibras trepadeiras” que vêm do núcleo olivar superior que se localiza no tronco encefálico. Esses neurônios sensoriais estão conectados

simultaneamente com neurônios dos núcleos profundos do cerebelo e com neurônios que estão no córtex cerebelar (a área mais externa do cerebelo) e têm a função de modular a ativação de células chamadas de “fibras de Purkinje” que são neurônios que possuem um número espantoso de dendritos e recebem sinapses dessas fibras trepadeiras. Essas conexões entre uma fibra trepadeira e uma célula de Purkinje são muito famosas porque representam a maior conectividade já vista entre dois neurônios: estima-se que existam cerca de 1 milhão de conexões sinápticas entre elas.

Estudos sugerem que, quando uma determinada fibra trepadeira é ativada, sua ação sobre a respectiva célula de Purkinje causa uma alteração elétrica nessa célula de Purkinje que a impedirá de se ativar nova mente por um tempo. Uma das teorias mais aceitas hoje é de que a fibra trepadeira constitui-se em um sinalizador de erro. O corpo neuronal da fibra trepadeira está em um local do tronco encefálico no meio do caminho por onde descem as informações do córtex e do próprio tronco encefálico para a medula espinhal, que são as responsáveis pelo comando do movimento que se deseja executar, e, ao mesmo tempo, por onde também passam informações sensoriais vindas de diferentes partes do corpo. O complexo olivar inferior, que é onde está o corpo do neurônio da fibra trepadeira, reúne ali no tronco encefálico todas as informações necessárias para identificar que um erro foi cometido. Assim, ao identificar a ocorrência do erro, a fibra trepadeira vai ao cerebelo e provoca uma desativação de longa duração especifica mente na célula de Purkinje que estava ativa durante o movimento em que o erro aconteceu. Assim, durante os próximos minutos, aquela célula de Purkinje não poderá ser ativada, favorecendo que o mesmo erro não seja cometido. Em outras palavras, existem circuitos no cerebelo que são capazes de gerar um bloqueio de longa duração em neurônios que estejam relacionados a erros motores, fazendo com que não sejam cometidos nova mente.

Além disso, o cerebelo tem outro papel muito importante. Cada uma das contrações motoras que fazem parte de um movimento precisam ser extremamente coordenadas para que o resultado seja perfeito. Imagine a dificuldade que os circuitos neuronais de um bebê enfrentam para conseguirem coordenar precisamente todas as contrações musculares necessárias para que ele, nos primeiros meses, permaneça sentado sem desequilibrar-se ou cair de lado. O

mesmo para engatinhar, coordenando tronco, membros, mãos, pés, cabeça...

Depois para andar, correr, jogar bola e todos os outros movimentos que fazemos cotidiana mente. Para qualquer movimento, precisamos que o tempo de cada contração muscular seja extremamente preciso e, ainda mais, se falarmos da motricidade fina que exige controles de alta precisão.

Os circuitos cerebelares são os responsáveis por fornecer a temporização de cada contração muscular. E esse aprendizado do tempo perfeito da coordenação de cada músculo para a movimentação adequada se dá identificando cada erro cometido e instituindo uma tendência a que esses erros sejam evitados, dando lugar para circuitos cujo resultado da ativação promova um movimento o mais próximo possível do desejado. Por isso, na aprendizagem, a repetição, o treino e a detecção de erro são fundamentais e fazem com que o sucesso seja atingido. A

boa performance motora é completa mente dependente desses fatores. Para executarmos com maestria movimentos precisos, serão necessárias muitas horas em repetições, novas tentativas e alta capacidade de detecção de erro. Nos esportes, esse é um fenômeno bastante conhecido, sem uma prática extenuante não se alcança o destaque de performance desejado para um campeão. E tudo isso depende do cerebelo.

O outro sistema composto por estruturas que também tem sua principal atividade relacionada ao controle do movimento são os chamados núcleos da base. Suas alterações funcionais também implicam em transtornos do comportamento motor, como, por exemplo, a doença de Parkinson, que provoca tremores, dificuldade para andar e coordenar movimentos; ou a síndrome de Gilles de la Tourette, associada a tiques e à vocalização de termos obscenos ou afirmações socialmente impróprias; ou ainda ao aparecimento de movimentos involuntários, dificuldades para iniciar os movimentos desejados e até outros transtornos como esquizofrenia, bipolaridade ou transtorno obsessivo compulsivo (TOC).

Os núcleos da base têm forte relação com comportamentos que temos de forma habitual e frequente. Eles estão estreitamente ligados ao nosso comportamento voluntário inconsciente - aquele em anuência com nossa vontade, mas sem a consciência direta de sua realização, que é o que fazemos a maior parte do tempo. Graças a circuitos arraigados nos núcleos da base, costumamos responder e reagir sempre da mesma forma para cada circunstância e, caso seja necessário mudar um comportamento habitual, isso envolve um esforço enorme para a transformação desses circuitos até que eles se tornem automáticos. Os núcleos da base têm, portanto,, estreito vínculo com nossa motricidade, com nossos

comportamentos mais comuns e cotidianos.

Por fim, vale a pena ressaltar que o nosso comportamento voluntário consciente tem grande atuação do córtex, que dirige nossos movimentos, coordena cognição e emoção e transforma em ação consciente, mas exigindo concentração, atenção e esforço mental, como veremos mais adiante.

Ao final deste Capítulo, cabe repetir o que dissemos no início: não há comportamento sem movimento, nos manifestamos por meio da nossa motricidade. E quanto melhor gerenciamos e controlamos nossos movimentos, mais adequada nossa atuação no mundo e maior nossa capacidade de adaptação ao meio. Movimento é ação, é atuação, é vida! E dá-lhe movimento...

Capítulo 7

A emoção é o destino: o funcionamento do sistema límbico Somos seres movidos, em grande parte, pela emoção. Emoção é o fogo da fogueira, é um trem desgovernado descendo a ladeira, é combustível que move o motor, é motor que move a vida. Emoção nos faz sorrir, chorar ou chorar de rir, Ela nos faz corar, nos envergonhar, ter nojo, vontade, desejo, medo, ansiedade.

Faz querer nos afastar de algumas circunstâncias e também querer buscar outras emoções. A emoção é feito uma montanha-russa, nos deixa um pouco desgovernados em certos momentos, mas também nos dá impulso. É o que marca os momentos na memória, é o que faz aprender mais fácil, é o que dá tempero à vida. Somos, definitivamente, seres emocionais. Emoção é destino certo!

E o que há em comum entre o frio na barriga quando alguém desce em alta velocidade numa montanha-russa, o suor frio nas mãos ao ter que fazer uma apresentação em público, o coração saindo pela boca quando precisa dar uma freada brusca no trânsito, os olhos arregalados quando leva um susto, as bochechas coradas ao cometer uma gafe em público, o branco na hora da prova, as pernas bambas antes de uma competição? não precisa nem pensar muito, não é? Emoção!

Mossa vida é uma colcha de retalhos de recordações emocionais. Momentos de grande impacto alinhavados com linha grossa uns aos outros, formando o que chamamos de vida. Os dias comuns passam quase despercebidos. Aqueles recheados de rotinas, do marasmo da mesmice, a gente se esquece logo. não se

lembra do que comeu, a ordem dos fatos ou o fato em si por completo. Mas aquilo que emociona, não. Definitiva mente não. Aquilo que nos faz perder o chão, que nos faz faltar o ar, que põe borboletas no estômago, não, A gente não esquece. Pelo menos não tão fácil, Tudo que tem impacto emocional, para o bem ou para o mal, fica gravado mais forte na nossa memória.

Pare por um instante e reflita sobre a sua vida: quais momentos ficaram marcados na sua memória? Com certeza, os emocionantes: o primeiro beijo, o nascimento do filho, um acidente, um prêmio, a professora carrasca, o colo da mãe, quando ganhou ou conquistou algo que queria muito, quando perdeu algo de que gostava muito... Mas se é fácil verificar como a emoção permeia a nossa vida nos mais distintos momentos e impacta nossa memória, bem mais complicado é compreender o que é a emoção, porque ela acontece, de que forma, qual a dinâmica e estruturas envolvidas nos processos emocionais.

Emoção e sentimento

Quando falamos em emoções, normalmente há uma referência direta ao que sentimos e, muitas vezes, erroneamente, confundimos o conceito de emoção e o de sentimento. É preciso deixar claro: as emoções são as respostas corporais para estímulos do ambiente que possuem relevância emocional. Já os sentimentos são a experiência mental que temos sobre o que se passa no corpo, a atribuição de sentido que damos à emoção.

Mas como assim as emoções são “respostas corporais”?

As respostas emocionais são respostas físicas mesmo, que acontecem no nosso corpo, as mais comuns são a aceleração dos batimentos cardíacos e o aumento da força de contração dele (quando você sente o coração acelerado ou tem a sensação de que está saindo pela boca); o aumento da sudorese (que, às vezes, parece estar fria), a aceleração do pensamento, a dilatação das pupilas (olhos arregalados), a distribuição do fluxo sanguíneo para áreas fundamentais como os músculos, provocando retirada de sangue das vísceras (sensação de frio na barriga). Assim, quando os nossos sentidos reconhecem no ambiente externo ou interno sinais que possuem um significado emocional - seja na descida da montanha-russa, na festa-surpresa de aniversário, ao enfrentar um leão, a pessoa amada ou um chefe bravo - provocam a reação com essas respostas corporais correspondentes.

Essas respostas são bastante comuns no dia a dia e podem aparecer em graus de intensidade bastante variáveis. Elas são provocadas pela ação de determinados circuitos encefálicos, os chamados circuitos límbicos, responsáveis pela ativação do sistema nervoso autônomo (aquele sobre o qual não temos controle). Além das reações viscerais clássicas que acabamos de citar, o sistema límbico também atua forte mente sobre os músculos esqueléticos e, em especial, sobre a musculatura da face, provocando diferentes expressões faciais, características das diferentes emoções.

Adaptação ao ambiente

O sistema límbico, também chamado sistema emocional, constitui-se em várias partes do encéfalo responsáveis por processar estímulos e responder emocionalmente a eles. Esse sistema se desenvolveu de forma a proporcionar respostas rápidas para as diferentes demandas ambientais. É praticamente um sensor de perigo e de transformações do ambiente. No processo evolutivo, animais que conseguiam reconhecer de forma antecipada um determinado risco iminente, como a presença de um predador, por exemplo, tinham maiores chances de sobrevivência. Esta capacidade antecipatória do sistema límbico, construída a partir das vivências anteriores, é de grande importância para os humanos e animais.

O sistema emocional foi o primeiro mecanismo desenvolvido ao longo do nosso processo evolutivo para nos tornar capazes de antecipar situações que precisam de respostas com porta mentais adaptativas. Num bando de animais prestes a sofrer um ataque, aqueles que sentirem a presença do predador antes começam a correr primeiro e, assim, têm mais chances de escapar. Foi desta forma que se desenvolveu um sistema de antecipação com base em reações orgânicas viscerais - coração batendo forte, frio na barriga, músculos prontos pra fuga.... - na evolução natural das espécies.

La podemos encontrar algumas das estruturas que formam o sistema límbico em répteis e anfíbios, embora em uma apresentação ainda bastante simples.

Essas estruturas primitivas estão ligadas diretamente ao reconhecimento do ambiente pelo olfato. No cérebro dos mamíferos, as informações olfatórias foram se tornando progressivamente mais importantes para a determinação dos comportamentos. O olfato foi se aprimorando à medida em que o encéfalo foi se especializando em discriminar muito bem minúsculas diferenças entre moléculas

químicas, o que permitiu aos animais usarem esse sistema como um detector fabuloso de nuances do ambiente. Pense no olfato de um mamífero, como um cão. Para os caninos, o olfato é um mecanismo precioso para detecção de perigo, comida, parceiro sexual, entre outros e interfere diretamente em seu comportamento. O mesmo acontece com a maior parte dos mamíferos. Já entre os humanos, embora mamíferos, isso é um pouco diferente. Até temos um olfato relativamente apurado, mas desenvolvemos muito bem outros sentidos como a audição e, principalmente, a visão, que nos auxiliam fortemente na detecção de perigo e nas mudanças do ambiente.

Toda situação de forte emoção fica gravada mais forte mente na memória e as memórias emocionais possibilitam que o sistema nervoso reconheça a situação e se antecipe nas respostas. É como se fossemos construindo um catálogo de possibilidades, um manual de como agir em cada situação. As memórias

emocionais podem tanto ser provenientes de vivências anteriores (que possibilitam o reconhecimento de situações que representem riscos) quanto podem ser herdadas geneticamente (passadas de pais para filhos). Quando herdadas geneticamente, já ao nascimento, os animais, assim como nós, reagem de forma bastante estereotipada diante de determinados estímulos que representam a possibilidade de lesão, dor ou morte. Um exemplo dessas características herdadas é o medo do escuro que grande parte dos humanos apresenta ou o sorriso disparado quando alguém nos sorri, fazendo um parentesco emocional.

E, mesmo nas memórias emocionais provenientes da experiência, é comum que este aprendizado se dê por meio da ocorrência de estímulos dolorosos e, por esta razão, a dor está tão intimamente ligada a nosso sistema emocional. Tudo que dói física ou emocionalmente fica marcado mais forte para podermos nos proteger em uma próxima vez.

É importante evidenciar que, ao longo da evolução, os mamíferos - incluindo o ser humano - se tornaram especialistas em comportamentos motivados pelo ambiente, graças às conexões que se formaram entre as áreas cerebrais límbicas.

Mas vale dizer que o sistema emocional não é descritivo e localizado, ele generaliza, por exemplo, se passo por uma situação ruim, tudo que se pareça com essa situação ruim, às vezes até com certas distorções, vai me gerar emoção.

Se sofro um assalto no carro, depois do acontecido não é somente a figura de alguém segurando uma arma que vai me gerar emoção, mas talvez o entrar em um carro, o passar em uma rua parecida, a cor da camiseta do assaltante, o tempo chuvoso que estava no dia, entre outras coisas, A emocionalidade generaliza, não só o evento, mas tudo que se parece com ele. Como é um sistema de proteção, é um sistema que gosta de "pecar pelo excesso" para nos proteger. Por exemplo, quando vemos algo que se assemelha a uma cobra, nos assustamos, mesmo sem saber se é realmente ou se é venenosa. Mas é melhor pecar pelo excesso. Esse é o método da emocionalidade.

Processamentos automáticos

Antes de nos determos sobre o sistema límbico mais profundamente, é preciso ressaltar que estamos sujeitos a processamentos automáticos no nosso cérebro que dependem da ativação de circuitos e, uma vez que eles sejam ativados, torna-se praticamente impossível impedir que os efeitos determinados por essa ativação ocorram. O comportamento provocado pela ativação de um circuito neuronal não está sob seu controle mental consciente. Por exemplo, quando você

sente um frio na barriga associado a uma sensação de perigo, em algum momento chega a pensar que foi você quem provocou a mudança na circulação sanguínea que gerou essa sensação de frio na barriga? Isso não costuma ocorrer, não é? É por isso mesmo que achamos mais fácil dizer que sentimos emoções do que aceitarmos que nós, de fato, "expressamos" emoções. Mas a verdade é que o frio na barriga que você sente foi o seu próprio sistema nervoso quem provocou, ou seja, você.

O seu sistema nervoso expressa emoções justamente por estar reagindo a informações presentes no seu ambiente que pedem reações viscerais como aumentar o batimento cardíaco e desviar o fluxo sanguíneo para os músculos, auxiliando numa possível fuga ou mesmo numa luta para se defender. Esse aumento da disponibilidade de sangue para os músculos, que dá mais força para correr ou lutar, só é possível porque podemos desviar o sangue que estaria indo para as vísceras abdominais em direção aos músculos, levando glicose para eles e, conseqüentemente, energia para se colocarem em movimento. Assim, a abrupta diminuição da quantidade de sangue nas vísceras gera essa sensação de frio na barriga que associamos rapidamente à reação de medo.

Essa mudança de fluxo sanguíneo foi provocada diretamente pela ativação de

um circuito presente no seu encéfalo, que se conecta através de neurônios a todas as células presentes nos seus vasos sanguíneos, regulando diretamente o fluxo do sangue. No entanto, mesmo esse circuito sendo ativado dentro do seu encéfalo, com participação fundamental de suas diferentes estruturas cerebrais, você nunca vai dizer que foi o responsável pela mudança do fluxo sanguíneo. Mas, de fato, é. Só que inconscientemente.

Sabe aquela sensação de não agir de acordo com o que você gostaria? Quando você diz algo sem pensar e magoa alguém, quando age impulsivamente e se arrepende do que fez, quando compra algo e depois percebe que nem vai usar, quando planeja, mas não consegue cumprir, quando segue à risca a dieta o dia todo, mas de repente ataca a geladeira e come compulsivamente tudo o que vê pela frente? Nesses momentos, parece que você não está no controle da sua vida, não é? Mas está! Ainda é você. Embora, muitas vezes, não seja o seu eu consciente, mas o seu eu automático, inconsciente. Que, de uma forma ou de outra, ainda é você.

As vezes, parecemos um cavalo indomado pulando aos trancos e barrancos, correndo sem direção, dando patadas e coices para todo lado, sem o mínimo autocontrole. É muito comum, nesses momentos, ouvirmos para controlarmos nossas emoções, mas, de fato, isso é muito difícil de ser feito. As vezes, impossível. A emoção é um processo involuntário e rápido, sob o qual não temos muito controle. Ela vem e pronto. No entanto, se formos capazes de reconhecê-

las, conseguimos detectá-las mais facilmente, descobrir porque foram provocadas e então nos regular e controlar melhor nossos pensamentos e comportamentos, evitando ações indesejadas e impensadas, construindo outros circuitos e diminuindo as chances de sair por aí feito touro “brabo”

Quando somos movidos pela emoção, agimos de uma forma subconsciente, automática, sem reflexão, a partir dos estímulos do momento, do agora, sem pensar e seguindo padrões que foram se estabelecendo no nosso cérebro ao longo de nossa vida. Esses padrões nos induzem a agir de uma determinada maneira pelo que aprendemos com nossas experiências anteriores e que não necessariamente combinam com o que desejamos racionalmente ser. Há que se considerar que tomamos decisões a todo momento, muitas decisões! Desde as mais simples como falar algo, abrir uma gaveta, sorrir para um colega, mover uma parte do corpo - às mais complexas como resolver ter um filho, comprar uma casa, mudar de cidade, abrir um negócio. Como precisamos de agilidade

dado o número de decisões que tomamos, em grande parte das vezes, acabamos decidindo de forma inconsciente, o que significa em anuência com nossa vontade, mas sem ter a consciência. Desta maneira, deixamos para que a consciência atue apenas em situações nas quais os sistemas automáticos não estão trazendo o melhor resultado ou quando enfrentamos algo novo, que ainda não temos as nossas programações automáticas desenvolvidas.

E por que que às vezes parece que agimos como não gostaríamos? Essa sensação estranha de estar fora de si em determinadas ocasiões, que muitas vezes vem acompanhada de arrependimento, acontece justa mente porque agimos de maneira automática, emocional e não de forma consciente. Racionalmente você se planeja para acordar às 6h, mas quando chega o momento e você está com sono, a cama está confortável, é preciso força de vontade para superar o emocional e trazer a ação para o racional para não apertar a soneca do despertador. No auge da discussão, você responde de forma emocional, da maneira que aprendeu a reagir quando sente tais emoções e não da maneira que acharia adequado. Diante de uma pessoa diferente de você, às vezes pode agir de maneira preconceituosa antes mesmo de ter consciência sobre isso, por que ao longo da vida foi condicionado a se proteger dentro do seu próprio grupo, dos similares a você e a afastar os diferentes.

Porém não dá pra tirar o corpo fora e falar eu estava fora de mim. Sim, o seu cérebro inconsciente comanda algumas ações - ou a maioria delas - mas o seu cérebro inconsciente também é você. Tudo o que fazemos de forma automática, que referendamos do ponto de vista emocional, é porque consideramos certo -

embora nem sempre esse certo seja consciente, pode ser que o motivo que leve você a considerar certo não seja tão claro racionalmente.

Mas é importante saber quer quando aceitamos o erro conscientemente, quando pensamos “nossa, eu não devia ter feito isso dessa maneira!”, ganhamos a chance modificar um comportamento automático e mudar para agir de acordo com o que consideramos adequado, alinhando emocional e racional.

Neste ponto, é fundamental compreender que o sistema nervoso se organiza em circuitos automatizados justamente para produzir respostas muito rápidas, respostas-padrão, para que você não tenha que pensar em tudo para responder ou agir - o que levaria bem mais tempo, [já imaginou se a cada passo que fosse dar, tivesse que pensar? Dificilmente daríamos conta de fazer tantas coisas ao mesmo

tempo.

O circuito das emoções

Os mecanismos da emoção sempre foram motivo de curiosidade. Desde que a anatomia do encéfalo começou a ser investigada, procura-se uma correlação entre corpo e mente e o foco principal dessa procura sempre foi relacionar as emoções às estruturas cerebrais: "Que partes do cérebro produzem as emoções?".

Sendo, historicamente a mente, o campo das emoções o principal representante da alma humana, demonstrar que esses processos emocionais ocorriam em determinadas regiões cerebrais teve grande importância para o fortalecimento das teorias monistas. Como vimos no primeiro Capítulo, aquelas que consideram que cérebro e mente são feitos da mesma matéria prima: os neurônios. Um marco histórico para compreender as emoções é o ano de 1937, quando James Papez, um neuro anatomista norte-americano, descreveu o chamado

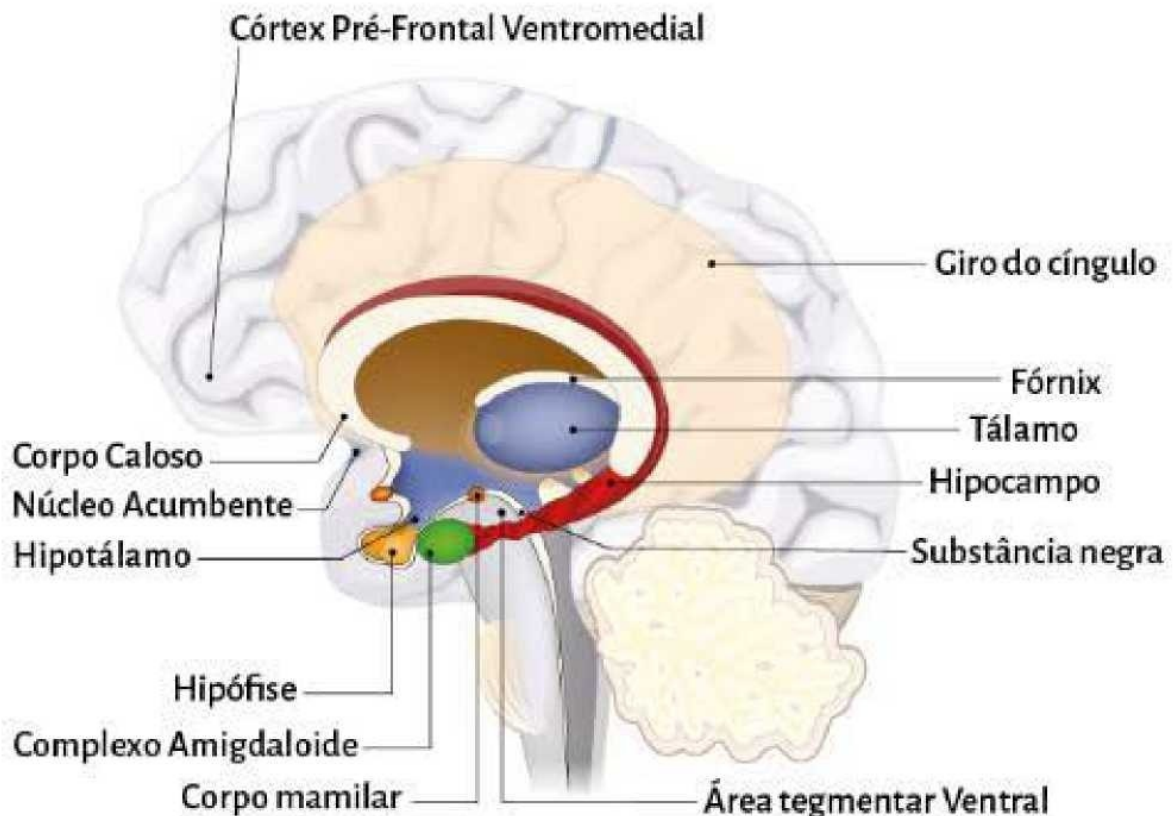
"circuito límbico" como o local onde as emoções eram processadas e provocavam reações no corpo. Ele percebeu que várias regiões se conectavam formando esse circuito, que era responsável pelas emoções e comportamentos instintivos, como sexo, irar prazer e sobrevivência. Bem antes de Papez correlacionar essa região com as emoções, o famoso médico e cirurgião Paul Broca já havia estudado o lobo límbico, mas, em seus estudos, correlacionou-o ao olfato, que tem grande relação com o sistema emocional em animais. Mas ele ainda não tinha a noção de que aquilo era bem mais do que um sistema olfatório.

O circuito originalmente descrito por Papez mostrou a conectividade entre os núcleos do tálamo e áreas do córtex cerebral, como o giro cingulado. Em seu esquema, do giro cingulado, as informações seguiam para o hipocampo e, de lá, por meio de uma estrutura bem robusta de axônios chamada de fornix, provocava uma atividade que ia para os núcleos mamilares do hipotálamo. Ao

longo do tempo, foram feitas ampliações nesse sistema que não estavam no circuito original. Outros pesquisadores, trabalhando sobre a funcionalidade desse mesmo circuito, demonstraram que mais núcleos do hipotálamo e mais áreas do córtex estavam envolvidas, com destaque para o córtex pré-frontal e para o complexo amigdalóide.

O sistema límbico

O hoje conhecido como sistema límbico - antes chamado de lobo límbico ou circuito límbico - integra diferentes áreas do encéfalo. A palavra sistema veio a ser utilizada justamente para dar conta da complexidade desse conjunto de conexões, vias e núcleos envolvidos no processo emocional. As áreas que participam do sistema das emoções estão espalhadas por várias partes do encéfalo e nos dão a nítida percepção de terem sido edificadas ao longo de um caminho extenso e tortuoso da evolução desse sistema.



Sistema límbico

O sistema límbico é composto por estruturas do mesencéfalo (substância negra, substância cinzenta periaquedutal, área tegmental ventral), diencéfalo (hipotálamo e tálamo) e telencéfalo (hipocampo, complexo amigdalóide, núcleo acumbente, giro do cíngulo, córtex piriforme e córtex pré-frontal ventromedial).

Tais estruturas coordenam as respostas hormonais, comportamentais e fisiológicas condizentes com os nossos distintos estados emocionais.

Um dos componentes mais importantes do sistema límbico é um conjunto de núcleos chamado de complexo amigdalóide, mais popularmente conhecido como amígdalas. No entanto, é preciso deixar claro que essas amígdalas nada têm a ver com as amígdalas que temos na garganta: a única semelhança entre elas é o formato próximo a uma amêndoa, que deu origem ao termo.

Os estímulos sensoriais que chegam ao sistema nervoso são levados ao tálamo (lembra-se que o tálamo é um gerenciador e distribuidor de informações?) e, após serem rapidamente processados, enviados para a amígdala. Uma vez na amígdala, cada informação sensorial pode ser ou não relacionada a uma reação emocional. O complexo amigdalóide tem grande participação na formação das memórias emocionais e estreita relação com a sensação de medo. A amígdala é capaz de gravar características de informações sensoriais que indiquem perigo, lesão ou dor e, na próxima vez que encontrar algo semelhante, dispara o alerta para que nos protejamos.

Os neurônios que são ativados nas amígdalas partem para um grande número de estruturas como a formação reticular, os núcleos hipotalâmicos, os hipocampus, áreas do córtex cerebral (como o córtex pré-frontal e o giro do cíngulo), núcleos do tálamo, entre outros. Dessa forma, as informações sensoriais que têm relevância emocional e que precisam provocar reações, como expressões faciais, mudanças na secreção de hormônios, mudanças no comportamento - como busca por alimento ou água -, irão gerar essa atividade nas amígdalas e também em outros centros de processamento cerebral que se encontram conectados.

Sabemos que especialmente as reações de medo, raiva, agressividade e fuga dependem do complexo amigdalóide. Já os estímulos de valência positiva, os mobilizadores de prazer, vão estimular vias dos núcleos da base, provocando comportamentos que representam as respostas adequadas aos contextos positivos.

Os nossos hormônios também estão intimamente ligados às nossas emoções.

Assim, tanto as emoções podem provocar mudanças hormonais como também determinados hormônios podem provocar reações emocionais. Isto se dá pelo fato de que o hipotálamo, que é também uma das peças-chave do sistema límbico, está diretamente relacionado com o controle da secreção de

praticamente todos os hormônios do corpo humano, inclusive dos hormônios

secretados pelo córtex da glândula suprarrenal, liberando os corticoesteroides - os quais são hormônios que orquestram as respostas fisiológicas em situações estressantes.

Durante o estresse, o cérebro e o corpo são transformados quimicamente para um estado conhecido como de “luta ou fuga”, que nos prepara para escapar de um perigo real ou imaginário. Nosso corpo entra em estado de alerta e usa os mesmos mecanismos que nossos ancestrais utilizariam para fugir de um tigre, preparando o corpo para lutar ou fugir. Então, o coração bate mais rápido, mais glicose é enviada para os músculos para prepará-los pra correr, a pupila dilata para enxergar melhor, a digestão é paralisada e o sangue dessa região direcionado para outras áreas e dá aquela sensação de frio na barriga, as mãos e pernas tremem, etc.

Além disso, o sistema imunológico, responsável pela defesa do corpo, é bloqueado e também o córtex pré-frontal dorsolateral - que é o responsável pelo pensamento racional e crítico, pelo planejamento, pela resolução de problemas complexos - é inibido pela ação das catecolaminas liberadas durante a resposta de estresse e sua atuação é rebaixada. E é aí que ficamos parecendo descontrolados, sem conseguir processar direito o que está acontecendo, agimos sem pensar, às vezes metemos os pés pelas mãos, completamente mobilizados por nossas emoções.

Vale destacar que enquanto o córtex pré-frontal dorsolateral tem maior ligação com o raciocínio e cognição, o córtex pré-frontal ventromedial é responsável pelo processamento e a regulação emocional, a percepção e expressão das emoções e os comportamentos motivados.

A influência da emoção

Nossas emoções são poderosas em determinar como pensamos, agimos e reagimos em cada um dos momentos de nossa vida, E, muitas vezes, sequer temos a noção do quanto elas nos influenciam. Você já ouviu dizer que, às vezes, é preciso deixar as emoções de lado e agir com a razão? Pois saiba que dizer isso é um tremendo equívoco! não podemos separar razão e emoção. A emoção é, inclusive, parte integrante do processo de raciocínio e torna-se impossível dissociá-los.

Um dos livros mais fascinantes que falam dessa relação entre razão e emoção foi

escrito pelo renomado neurologista Antônio Damásio. Em O Erro de Descartes, que é o primeiro livro de uma excelente trilogia sobre o

funcionamento do cérebro, Damásio considera as interfaces existentes entre o sistema emocional e as áreas corticais do nosso cérebro como extremamente influentes na construção do comportamento e da tomada de decisão. Para ele, a relação entre essas duas áreas determina muito do que somos e como nos comportamos. O livro leva esse nome porque o autor faz uma espécie de trocadilho com a máxima proferida pelo filósofo René Descartes, uma das mais famosas da filosofia: “Penso, logo existo”; Damásio enfatiza que devemos valorizar as emoções na construção de nosso comportamento, a ponto de sugerir uma modificação na máxima cartesiana para “Sinto, logo existo”. Tal seria a importância da emoção para os seres humanos. De fato, somos muito mais movidos pela emoção que pela razão, fazemos muito mais coisas de maneira automática do que conseguimos fazer regidos pela consciência e racionalidade.

Sistema emocional e o comportamento são inseparáveis, há uma estreita relação entre eles. As emoções, por si só, já são uma forma de comportamento.

Geral mente, quando pensamos em emoção, pensamos em “algo que se sente”.

E, por isso. Damásio afirma que “sentimos, logo existimos”. Nossas emoções são comportamentos. Para cada processamento emocional que ocorre dentro do sistema límbico, teremos um correlato comportamental que se exprime por meio de uma expressão facial, expressão corporal, interjeições e mudanças em nossa fisiologia visceral.

Vejamos um bom exemplo: lembra-se do coelho de pança cheia que foi pego de surpresa por um predador? Que tipo de processamento aconteceu para que o coelho soubesse da necessidade de fugir? Como o corpo dele se preparou fisiologicamente para ter energia suficiente para isso? E como isso tudo acabou gerando uma memória para que numa próxima vez, a chance de ser pego pelo predador fosse ainda menor?

Tudo isso é papel do sistema emocional. E ele se conecta ao comportamento de distintas maneiras. Há a interferência do sistema límbico nas contrações musculares através de conexões diretas que interferem sobre diferentes núcleos do tronco encefálico e, de lá, vão atuar sobre expressões faciais e sobre reações fisiológicas; e há também um tipo de processamento mais complexo que envolve

áreas dos núcleos da base e diferentes regiões do córtex cerebral.

Esse primeiro tipo de conexões que influenciam a atividade de sistemas mais estereotipados provocam respostas tão semelhantes entre os indivíduos que podemos encontrar as mesmas expressões faciais para as seis emoções básicas em todas as culturas e raças humanas: alegria, tristeza, medo, surpresa, raiva e nojo. Desde entre os aborígenes australianos até as organizações mais complexas de sociedade e comportamento, encontramos as mesmas expressões faciais, decorrentes do mesmo tipo de ativação. Simultaneamente a essas expressões

faciais e mímicas corporais disparam-se estados fisiológicos típicos, que envolvem aumento de batimentos cardíacos, sensações de apertos no peito e frio na barriga.

Essas respostas emocionais estão tão desconectadas da nossa intencionalidade, quer dizer, independem do que queremos fazer, que temos dificuldade em reconhecê-las como algo pertencente ao nosso próprio comportamento. Mo entanto, como você já deve ter percebido, não é só o que sabemos que fazemos ou o que queremos fazer que caracteriza o nosso comportamento, certo?

Lembra-se do sistema presente no colículo do sapo que faz a língua dele ser ativada pela simples presença da mosca? Pois bem.,. Nessa esfera, suas emoções são bem parecidas com esse tipo de comportamento: elas acontecem simplesmente porque algo no ambiente as provocou. Já em uma dimensão um pouco mais complexa, os sinais sensoriais são processados por circuitos do córtex. Nesse caso, poderemos criar algum grau de julgamento e provocar uma reação emocional a partir desse pensamento ou antagonizar uma reação emocional provocada pelo sistema mais direto que não foi devidamente validada pela análise mais pormenorizada dos fatos.

Vamos a um exemplo: suponhamos que você tenha medo de barata. Ao passar os olhos pela sala da sua casa, uma pequena imagem lhe faz processar rapidamente que há uma barata no cantinho. Imediata mente, você entra em sobressalto e o coração vem parar na boca. Essa reação é muito rápida e faz você olhar fixamente para aquele ponto e tentar checar se é mesmo uma barata. Aí, diante de um olhar mais cuidadoso, as informações visuais que ficam disponíveis são de melhor qualidade e fazem você perceber que é apenas uma mancha no chão. Ou seja, seu medo de barata lhe fez processar uma mancha no chão como se fosse uma barata.

Nesse momento, bastaram algumas informações preliminares que passaram apenas pelos colículos do tronco encefálico e pelo tálamo e foram levadas até o sistema emocional, em especial para o complexo amigdalóide. Quando as amígdalas são ativadas por informações sensoriais que provocam reações emocionais, várias estruturas do tronco encefálico e do hipotálamo são ativadas.

Além disso, algumas áreas corticais límbicas participam da categorização primitiva do estímulo - o córtex da insula e o giro do cíngulo são bem importantes para isso. A reação provocada por esse processamento inicial é bem pouco elaborada. Ainda não podemos dar a ela nenhuma categoria de sentimento, como inveja, ciúmes, orgulho ou algo assim. São reações que se restringem a raiva, medo, tristeza, alegria, nojo ou desprezo, que são as emoções básicas.

No córtex da insula terão destaque especial processamentos que provocam

formas de dor. Essa dor pode ter origem em lesões do corpo ou podem estar relacionadas a decepções, abandonos ou rejeição. Um dos dados mais interessantes descobertos pela neurociência moderna é que a dor física provoca a atividade de áreas muito semelhantes e próximas das áreas ativadas por dores chamadas de emocionais. Podemos pensar que, ao ativar essas regiões, o sistema emocional estaria qualificando a frustração e o desespero como tão severos quanto as lesões físicas. Esse é um dado extremamente relevante que explica porque, da mesma forma que uma doença crônica pode manter um indivíduo prostrado e desmotivado em uma cama, uma dor emocional também tem esse mesmo poder. O exemplo mais contundente disso é o luto. Quando perdemos alguém que tem um significado realmente especial para nós, sofremos tanto quanto sofre ríamos diante de uma doença grave e incapacitante. Muitas pessoas nessa condição só conseguem se libertar e recuperar a vontade de viver depois de um processo terapêutico cuidadoso para desmontar esses circuitos emocionais incapacitantes.

Mas é preciso lembrar que não são só emoções “difíceis” que mobilizam o seu sistema nervoso. É que essas emoções tidas como ruins são tão fortes e significativas para o comportamento que muitas vezes acabam sendo tratadas com maior importância. No entanto, não podemos deixar de mencionar que sentimos muito prazer em satisfazer nossas necessidades e isso também provoca fortes emoções. Em geral, esses momentos de prazer são marcados por grande atividade em áreas da motivação ou da recompensa no cérebro.

Esse é o contraponto mais básico desse sistema de processamento emocional.

Diante do desconforto, da necessidade ou do medo, tendemos a procurar circunstâncias que possam nos trazer resultados favoráveis e que antagonizem essas reações. Então, procuramos contrapor essas emoções com comportamentos que nos tragam alívio, conforto e redenção. Quanto maior o medo, o desconforto e a ansiedade, maior será a tendência a procurarmos realizar comportamentos que aliviem essas sensações. Está aí uma das chaves para explicar a compulsão alimentar provocada pela ansiedade.

Já o outro nível de relação do sistema emocional com o comportamento é um pouco mais complexo, se dá através de processamentos corticais. Esses processamentos envolvem áreas límbicas clássicas, como o giro cingulado anterior, mas que, no ser humano, aprofundam sua conectividade com o córtex pré-frontal. Essa porção de córtex, muito implicada no comportamento humano, é hoje correlacionada com a ética, a religiosidade, a tomada de decisão, o planejamento, entre outros comportamentos que consideramos exclusivos da espécie humana. Apenas alguns mamíferos como primatas ou cetáceos (baleias e golfinhos) parecem ter também essa região desenvolvida, Mas nada se equipara

à capacidade humana de se organizar em uma sociedade complexa e de expressar sua cultura da maneira ímpar como nos expressamos.

É justamente nesse ponto que o trabalho de Damásio foi bastante significativo.

Ele estudou pacientes que sofreram lesões em áreas pré-frontais próximas às áreas límbicas. Esses pacientes tinham enorme dificuldade de tomar decisões acertadas quando as informações disponíveis tinham elementos ocultos ou pouco claros. Muito provavelmente o que fazia falta a esses pacientes era um processamento complexo entre os dados emocionais e os conhecimentos analíticos disponíveis em outras áreas pré-frontais mais acima, ou seja, faltavam conexões com as áreas motoras do córtex frontal que sabidamente atuam no raciocínio e no planejamento de ações. Inúmeros laboratórios e neuro cientistas em todo o mundo investigam essa relação entre emoção e razão e os prejuízos causados quando a conectividade entre essas duas funções corticais é de baixa qualidade.

Portanto, é preciso deixar claro que nosso processamento emocional é uma rede importantíssima para mobilizar nosso comportamento, tem estreitos vínculos,

funções mais corticais e as auxilia de inúmeras formas. O terreno das emoções é muito complexo e implica em cada uma das experiências que você viveu em toda a sua história. Em sua primeira infância, a imaturidade de seu sistema cortical, impediu que a maior parte dos seus processamentos emocionais fosse registrada adequadamente. A menos que o evento em questão tenha sido dramaticamente forte, não haverá memórias conscientes vi vendadas nessa época. Depois, durante toda a vida, vivemos situações que procuramos relevar e outras que não damos a devida importância. Também superdimensionamos algumas situações. No palco das emoções, tudo parece nebuloso e pouco compreendido dentro de nós.

No entanto, mesmo diante de toda essa complexidade, é importante conhecer e elaborar suas emoções para que o processamento consciente delas ajude você a construir comportamentos que lhe permitam alcançar seus objetivos, Muitas pessoas têm como o principal obstáculo da vida a dificuldade para executar mudanças comportamentais que os levem a atingir melhores resultados. A compreensão da dimensão emocional envolvida nesses comportamentos é a ferramenta mais forte disponível para o auto conhecimento e a transformação.

A autor regulação emocional inclui reconhecer e gerenciar suas próprias emoções, ter autoconfiança e autocontrole, controlar a impulsividade, o nervosismo, a agressividade, a euforia excessiva, saber o quanto seu estado emocional pode interferir nas suas tomadas de decisão, na realização de tarefas e no seu comportamento. A autorregulação também ajuda conviver melhor com as pessoas, ouvir verdadeiramente, se posicionar e se comunicar melhor. Todos

esses fatores são de grande valia na vida pessoal e profissional, Nos últimos anos, os estudos sobre o funcionamento do cérebro e do sistema nervoso tiveram avanços sensacionais que nos permitem hoje compreender melhor o funcionamento do ser humano, como agimos, como aprendemos, como nos relacionamos e o quanto somos movidos por um misto de razão e emoção e estimulados por ganhos e recompensas.

Capítulo 8

Roteiro vip: o córtex cerebral humano e suas funções exclusivas

#quemnunca parou e se perguntou: o que nos torna seres únicos e exclusivos entre a imensidão de espécies que existem no mundo? O que nos diferencia dos

outros animais? Por que exatamente apenas nós, seres humanos, somos capazes de realizar coisas tão incríveis como inventar ferramentas para facilitar nosso dia a dia, encontrar usos novos para velhos objetos, desenvolver a linguagem, compor músicas, fazer cinema, escrever poesias, realizar cálculos espantosos, aprender línguas, inventar aviões, vacinas, remédios?

Só nós, em toda a natureza, conseguimos desenvolver a linguagem, o pensamento matemático formal, a escrita, a composição artística e musical, além de vários outros atributos cognitivos. E essa é uma das perguntas que mais nos intriga ao longo da história da humanidade, que ocupou e atormentou a mente de muitos seres humanos, e que já foi tema das mais diferentes abordagens científicas e filosóficas em todos os tempos: o que faz de nós seres tão diferenciados na natureza?

Que dispositivo é esse que nos torna tão VIPs no mundo?

E a resposta parece ser mesmo esse nosso aparato exclusivo e sensacional no topo da cabeça, que nos garante acesso à área VIP dos seres vivos: nosso cérebro!

Podemos encontrar uma diferenciação funcional espantosa em nossas redes neuronais cerebrais se contrapostas às redes de outros animais. E quando dizemos "nosso cérebro", nos referimos ao cérebro propriamente dito, pois em outras áreas do encéfalo temos muitas semelhanças com outros seres. Aliás, acredita-se que a aquisição das funções mais complexas do cérebro foi paulatina, uma vez que podemos perceber em corvos, baleias, cães, raposas, felinos, entre outros, habilidades cognitivas surpreendentes.

Por exemplo, se compararmos o nosso cérebro com o de outros animais como um rato ou um gato, veremos que temos estruturas muito semelhantes a eles nas porções do tronco encefálico e até mesmo em áreas como o hipotálamo e o sistema límbico. No entanto, apresentamos diferenças substanciais em nossas estruturas corticais.

O rato e o gato são animais muito preparados para enfrentar os desafios da vida, tão eficientes em suas estratégias de sobrevivência que podem conviver conosco, adaptar-se ao nosso estilo de vida, aproveitando-se de nossa condição

de armazenamento de alimentos, abrigo e conforto. Eles desenvolvem maneiras de aproveitar-se daquilo que construímos e não podem ser considerados

desprovidos de mecanismos eficientes de sobrevivência. Muitas dessas estratégias de sobrevivência e convivência conosco se devem justamente às suas estruturas cerebrais. Mas, se você comparar o quanto de córtex cerebral cada uma dessas espécies apresenta, verá que o nosso córtex cerebral não só é maior como muitas vezes mais dobrado sobre si mesmo e possui um número bem maior de neurônios disponíveis para formar os chamados circuitos corticais.

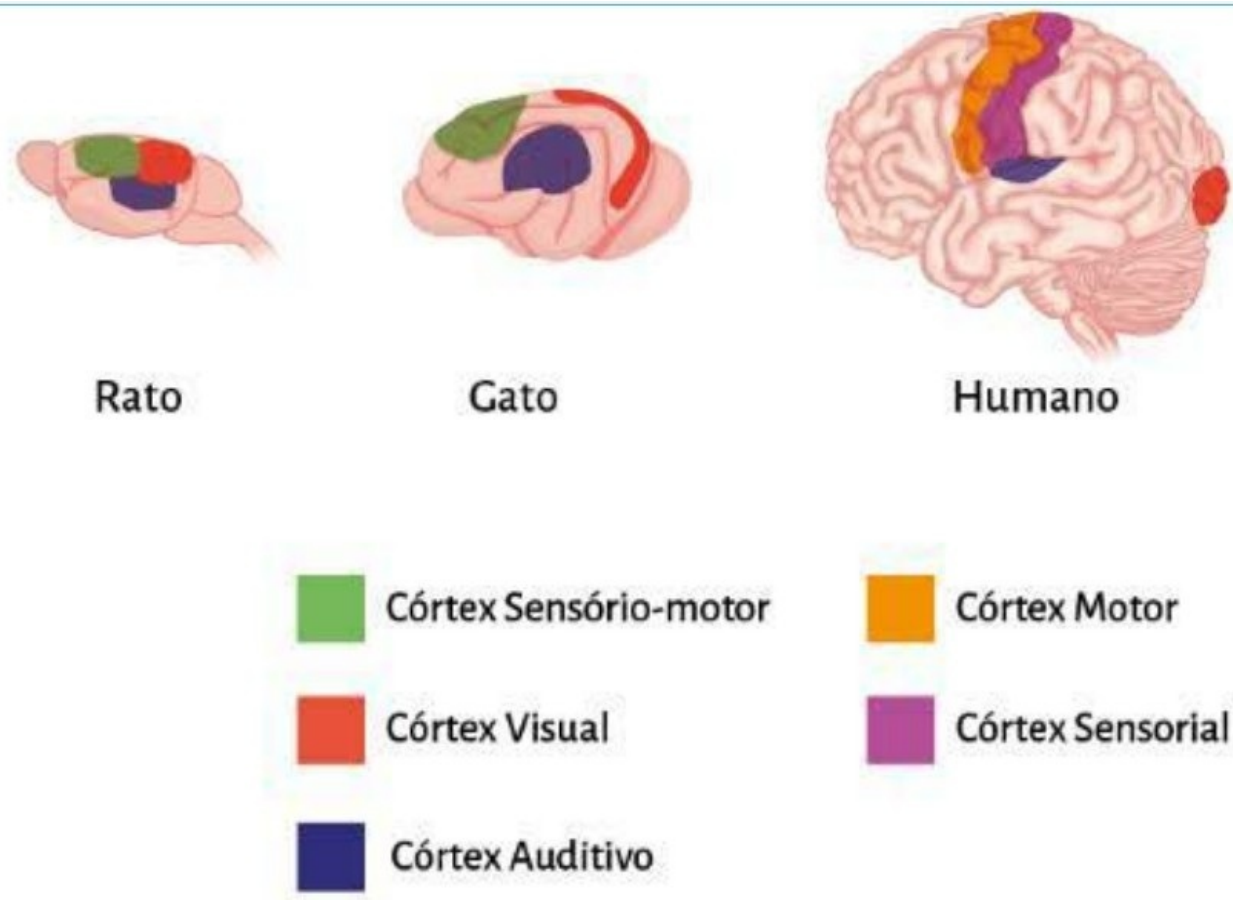
E a origem das nossas funções cognitivas mais complexas está justamente nesses circuitos neuronais. que já aparecem em graus bem diminutos em mamíferos com cérebros mais simples como ratos e gatos. Quanto mais elaboradas forem as funções cognitivas que um animal apresenta, maior será o número de neurônios e áreas neuronais disponíveis para que esses circuitos de neurônios corticais sejam montados (atenção para o fato de serem cérebros de mamíferos).

Atribui-se ao crescimento e à girificação (a produção de mais e mais giros corticais, lembra-se que falamos das "montanhas e vales" que chamamos giros e sulcos?) do cérebro o desenvolvimento funcional que permitiu que as funções mais complexas do cérebro surgissem e se consolidassem na espécie humana. Se compararmos o córtex cerebral do homem e de outras espécies animais, podemos perceber que o córtex cerebral humano apresenta uma área muito maior. Os diferentes sulcos e giros, que podemos observar no cérebro humano, só começam a aparecer em espécies mamíferas como gatos, cães, macacos, primatas e cetáceos.

O que nos diferencia?

Analisemos, portanto, um pouco melhor três tipos de cérebros para entender as principais diferenças entre eles: um de rato, um de gato e um humano.

Lembrando que veremos as distinções entre os cérebros mesmo e não encéfalos.



*Caracterização simplificada das principais
diferenças entre o de um rato, de um gato e
de um humano*

Observemos cuidadosamente o cérebro do rato. Repare que ele é liso, não apresenta as dobras que verificamos em cérebros humanos. A razão para esse cérebro ser liso é a pequena quantidade de neurônios existentes em cada uma das suas partes. Podemos dizer que a densidade de neurônios é baixa. Por causa dessa baixa densidade, não se cria a tendência do cérebro de dobrar-se, provocando as “montanhas e vales” - giros e sulcos.

Podemos pensar intuitivamente que o cérebro foi se dobrando à medida em que ia aumentando de tamanho para poder caber na calota craniana, mas não foi isso que a pesquisadora brasileira Suzana Herculano-Houzel descobriu: em colaboração com um físico, ela conseguiu demonstrar cientificamente que as

dobras dos cérebros eram mais profundas e mais proeminentes quanto maior fosse a densidade de neurônios que existisse naquela região cerebral, como comentamos anteriormente. Sendo assim, o cérebro de um rato não apresenta as dobras características porque tem uma baixa densidade de neurônios em cada uma das suas áreas.

Como você pode reparar, o córtex do rato pode ser dividido em quatro áreas apenas. Uma área visual, uma área, auditiva, uma área sensorio-motora e uma área que é a parte aparente do córtex límbico, já que o restante dele encontra-se nas porções internas que não podemos ver na imagem.

A área límbica, que já é bem desenvolvida no rato, é responsável por sua incrível memória espacial. Você já deve ter ouvido falar que ratinhos de laboratório são excelentes para testes em labirintos, não é? Eles também são muito eficientes em reconhecer padrões de imagens ou sons que tenham grande significado para nortear o comportamento deles. Por exemplo, são capazes de aprender que uma determinada figura geométrica de uma cor específica é o sinal que eles precisam esperar para pressionarem uma barra ou encostarem seus focinhos em uma tela para conseguirem alguma recompensa. Para poderem diferenciar esse objeto de cor específica de outro bem parecido de mesma cor ou localizar entre dois objetos iguais só de cor diferente, o ratinho tem que saber reconhecer exatamente o objeto que o interessa e são as áreas visuais e auditivas do cérebro dele que ficarão a cargo de realizar essa tarefa complexa.

Já a região sensorio-motora será importantíssima para auxiliar no deslocamento desse animal em grande velocidade, passando por lugares estreitos e perigosos. Um comportamento incrível que podemos observar são os comandos motores coordenados por estímulos percebidos com grande sutileza pelas vibrissas do rato. As vibrissas são aqueles bigodes bem rígidos e muito sensíveis do animal, que o ajudam a perceber a largura de espaços estreitos, verificando se consegue passar. Uma área especialmente destacada no cérebro do rato é a região do seu bulbo olfatório e as áreas cerebrais responsáveis por levar as informações olfatórias para serem processadas em conjunto com as outras informações.

Assim, vemos no ratinho, um cérebro quase inteiramente composto pelas áreas límbicas e pelas áreas chamadas “áreas primárias” de processamento. As áreas primárias são regiões em que os estímulos sensoriais chegam ao córtex para serem processados ou que dão origem a neurônios que saem do córtex em direção aos músculos, como os neurônios motores superiores, lembra-se deles?

Por causa disso, essas áreas primárias também são conhecidas como áreas de projeção. Nas áreas primárias chegam neurônios do tálamo trazendo informações visuais, auditivas e somestésicas e que dão origem às informações motoras (já falamos sobre a área somatossensorial primária e motora primária, que se localizam feito uma tiara no topo da cabeça). O cérebro composto apenas por áreas primárias, como é o caso do rato, já é capaz de fazer coisas incríveis e de realizar aprendizados muito interessantes.

E o que um gato pode fazer a mais que um rato?

Repare no cérebro do gato agora. Ele apresenta algumas dobras que não podemos observar no rato, não é? As áreas primárias parecem ter até diminuído de tamanho proporcional mente. Veja que, entre uma área primária e outra, representada pelas mesmas cores das áreas primárias do rato, vemos agora áreas que não tem cor alguma. Chamamos essas áreas de "áreas de processamento".

Agora, uma informação visitai já pode ser melhor aprimorada, criando circuitos que ajudam o gato a reconhecer padrões com maior detalhamento que o rato. O

gato pode perceber pequenas nuances de movimento no ambiente, o que o ajuda a ser um caçador. Gatos também já possuem uma destreza invejável nos membros anteriores, conseguem manipular alguns objetos e até mesmo prendê-

los entre as unhas. são capazes de reconhecer padrões da voz humana e certas palavras como “vem aqui”, “quer comida”, etc. Associam os sons com os objetos ou com o que podem conseguir se derem um bom miado quando você chega em casa.

Essas áreas de processamento que se encontram entre as áreas primárias são capazes de associar diferentes estímulos presentes no ambiente e, justamente por possuir um número muito grande de neurônios em suas dobras corticais, esse cérebro tem vários recursos de comportamentos para responder a diferenças sutis no ambiente. Um gato é capaz de se comportar de forma diferente com cada um dos membros da família com a qual ele convive. Nesse grau de identificação de padrões do ambiente e de variabilidade de respostas possíveis, já começamos a achar que os animais têm algum tipo de inteligência.

Comparamos essas habilidades com as nossas e acabamos mesmo por acreditar que os animais estão pensando. Esse tema pode gerar calorosas discussões e até mesmo acabar em briga, Mas chamar isso de inteligência ou não depende

exclusivamente da definição de inteligência que se quer defender. Um gato aprende a executar esses diferentes comportamentos em cada uma das situações porque ao longo do seu desenvolvimento foi capaz de associar aquele comportamento com um resultado desejado. Os circuitos corticais são responsáveis por ampliar essa capacidade de associação entre estímulos sensoriais e circunstâncias. Isso permite ao animal identificar qual é o melhor

comportamento a ser executado em cada uma das situações que ele foi capaz de identificar e, ao obter o resultado desejado, esse comportamento será repetido.

Chamamos isso de condicionamento.

Esse tipo de aprendizado condicionado pode acontecer com animais bem simples e a diversidade de comportamentos e padrões identificáveis vai ficando mais complexa à medida que o córtex cerebral do animal em questão tem mais neurônios disponíveis para gerar relações complexas entre eles. De fato, gatos ou cachorros possuem uma enorme capacidade de produzir variações comportamentais com base em padrões que foram capazes de discernir e identificar no ambiente, no entanto, há algo fundamental para a expressão da inteligência e que é mais difícil de reconhecermos no padrão de comportamento desses animais: um novo comportamento. É muito raro observarmos, mesmo num cão, o aparecimento de um comportamento completamente novo, que não tenha sido desenvolvido por um conjunto de tentativas e erros inspirados em comportamentos que já haviam sido observados ou tentados anteriormente.

Apesar de terem uma enorme capacidade de imitar comportamentos, é muito controversa a ideia de que esses animais sejam realmente capazes de criar novas soluções comportamentais para novos problemas.

Mas há uma outra capacidade que realmente só podemos observar em seres humanos: só nós somos capazes de encontrar novas soluções para velhos problemas. Para qualquer animal, ter a solução para um problema implica na repetição daquele comportamento que deu certo para sempre. Já nós, humanos, seremos capazes de pensar em soluções melhores ou diferentes alternativas para problemas que já têm uma solução, mas que podem ser resolvidos de forma ainda melhor. Essa é a base de toda criação e inovação. Mesmo que já existam soluções para o problema em questão, podemos viver uma inquietude de encontrarmos nossa própria solução. E há algo em nós, humanos, que nos impulsiona para isso, uma espécie de tendência.

O cérebro humano

Observe agora a imagem do cérebro humano. Veja que as áreas primárias estão bem pequenas. As dobras estão muito mais abundantes do que no gato, não é?

Temos uma enormidade de áreas de processamento, são tantas que acabamos por dividi-las em dois grupos: as áreas secundárias e as áreas terciárias. Ao longo da história da anatomia e da fisiologia do sistema nervoso, não foi fácil diferenciar as áreas corticais. Um dos estudos mais importantes foi o de Brodmann -- já mencionado anteriormente - que observou padrões de arranjos dos neurônios,

isto é, as diferentes formas como distintos neurônios se distribuem pelo córtex.

Os estudos de Brodmann foram realizados no início do século passado quando não sabíamos nada sobre as funções de cada parte do córtex. E foram eles que auxiliaram na observação das fronteiras de uma área funcional com outra quando eram observados os sintomas provocados por lesões de áreas do córtex em pacientes humanos ou mesmo em experimentos feitos em animais.

Juntando todos os elementos disponíveis e somando-os com os resultados incríveis que pudemos obter com exames de imagens cerebrais desse século, temos agora um mapa bastante interessante de como a grande maioria das áreas corticais contribuem para o resultado final que são o comportamento e o pensamento humanos.

De maneira mais geral, costumamos dividir o cérebro em 4 lobos: 1 - O lobo occipital, que se localiza na parte de trás da cabeça, responsável pela visão;

2 - O lobo parietal, responsável pela recepção e processamento dos estímulos sensoriais,

3 - O lobo temporal, responsável pela memória, emoção, linguagem; e 4 - O lobo frontal, responsável pelo processamento motor e também pelo planejamento, estratégia, controle inibitório, regulação emocional, entre outros, como veremos mais adiante.

Já as áreas secundárias também são chamadas de "unimodais" ou "áreas de associação". Isso quer dizer que elas processam de forma mais elaborada apenas informações provenientes da mesma modalidade sensorial, como, por exemplo, as áreas secundárias visuais que, quando lesionadas podem provocar perdas na

capacidade do indivíduo de reconhecer objetos. Assim, se uma pessoa tem uma lesão na área primária visual, pode ser incapaz de ver ou perder elementos preciosos da visão como os contornos dos objetos e a nitidez da imagem. Já se a lesão for na área secundária, a perda irá comprometer a capacidade do indivíduo de reconhecer o objeto, um quadro chamado de agnosia visual.



Áreas primárias e secundárias

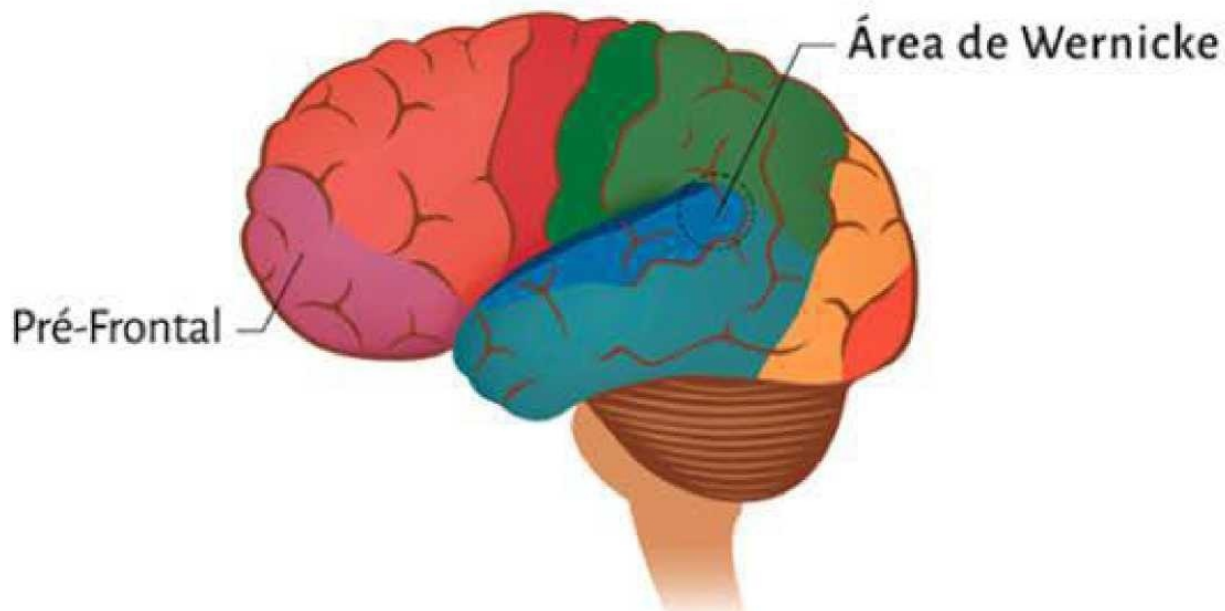
Um caso interessante de agnosia visual pode ser observado quando a lesão atinge uma área visual secundária especializada em reconhecer rostos

humanos, Um livro famoso do neurologista Oliver Sacks tem no seu título a descrição do caso do "Homem que Confundiu sua Mulher com um Chapéu", justamente por não ser capaz de processar adequadamente as informações visuais em circuitos especializados em reconhecer padrões visuais condizentes com o rosto de sua esposa. Parece loucura, né? Mas os sintomas decorrentes de alterações funcionais do cérebro humano são sempre muito difíceis de compreender, ate mesmo para quem está acostumado. Geralmente, mesmo apresentando características em comum, cada paciente neurológico tem peculiaridades que o distinguem de todos os outros.

Da mesma maneira que existem áreas secundárias visuais, também existem áreas secundárias auditivas e secundárias somestésicas, sendo que cada uma delas é responsável por processar informações sensoriais específicas de cada modalidade sensorial. As áreas secundárias são encontradas nas vizinhanças das áreas primárias e são formadas pelo processamento em um nível mais elaborado das informações disponíveis nas áreas primárias, lá as informações começam a ganhar mais significado.. Quanto maior o número de circuitos que podem ser ativados por padrões conhecidos nas áreas secundárias, maior é a velocidade de processamento de um determinado conjunto de informações sensoriais disponíveis no ambiente. E é justamente a disponibilidade de circuitos que faz do córtex uma estrutura de processamento incrível.

Mas o que realmente causa espanto sobre o cérebro humano é a capacidade de processamento das áreas terciárias. Nessas regiões, a funcionalidade do cérebro está diretamente relacionada com a capacidade de unir informações de fontes e modalidades distintas. As áreas terciárias recebem informações da visão, da audição e da somestesia simultaneamente e podem produzir padrões de alta complexidade que consideram um som? uma imagem, uma textura, um peso e uma temperatura simultaneamente. É por causa dessas áreas que somos capazes de diferenciar objetos e associá-los a sons com tamanha precisão, permitindo que desenvolvêssemos a capacidade de dar nome às coisas. E esse "nomear as coisas" foi um bom começo para o desenvolvimento da linguagem.

Na área terciária chamada de parieto-occipito-temporal esquerda, que fica na intersecção destes três lobos, do lado esquerdo, encontramos a área de Wernicke, ligada à percepção e interpretação da linguagem. Preste atenção que aqui nos referimos apenas ao lado esquerdo. Por hora, é só uma ressalva, mas, logo adiante, nos deteremos mais sobre as diferenças hemisferiais.



Lobo Pré-Frontal e Área de Wernicke.

Também é importante destacar que, do ponto de vista da motricidade, de resposta aos estímulos, acontece o mesmo. As áreas primárias motoras controlam os músculos com algum grau de intencionalidade, mas, para obtermos uma boa destreza motora, são necessárias as áreas secundárias.

E o salto qualitativo mais incrível das funções corticais está justa mente no desenvolvimento de uma área terciária, que apareceu nas adjacências das áreas motoras, mas que está intensamente conectada com o sistema límbico e também com a área terciária sensorial que acabamos de ver na intersecção dos lobos parietal, occipital e temporal. Vamos chamar essa área terciária das adjacências motoras de “área terciária do comportamento”, mas, no fundo, ela atua não só na expressão do comportamento como também no gerenciamento de todas as áreas corticais e representa a última fronteira do desenvolvimento do cérebro humano:

é o famoso “Córtex Pré-Frontal”, a porção mais frontal do lobo frontal, também conhecido como cérebro executivo.

O córtex pré-frontal é o ticket para a área VIP entre os seres vivos! É o que realmente nos diferencia.

Se compararmos o cérebro de diferentes espécies animais, até mesmo aquelas que costumamos pensar que apresentam algum grau de inteligência, poderemos

ver que é justamente o desenvolvimento do córtex pré-frontal que expressa a diferença mais marcante entre os seres humanos e outros animais.

A grande distinção do homem com relação aos outros seres - mesmo os nossos ancestrais do gênero *Australoptecus* ou do gênero *Homo* - expressa-se no abaulamento do crânio na testa., tornando-a proeminente. Tal abaulamento representa um aumento substancial no volume da calota craniana e cria a possibilidade do surgimento de animais - no caso, nós - com um grau de processamento tão incrível que os torna capazes de pensar, avaliar as consequências futuras de seus atos e também compreender relações causais de longo prazo entre seus comportamentos e os resultados que podem obter com eles.

De fato, somos movidos por duas formas de pensar e agir. Uma forma é subconsciente, automática, sem reflexão, em que somos movidos principalmente pelas emoções, a partir dos estímulos do momento, do agora, sem pensar e seguindo padrões que foram se estabelecendo no nosso cérebro ao longo de nossa vida e que nos induzem a agir de uma determinada maneira. E a outra forma de pensar, que é responsável pela decisão consciente, envolve reflexão, ponderação, análise das variáveis e esforço mental. Essa segunda maneira depende em grande parte do córtex pré-Frontal.

Com certeza, foi essa incrível capacidade do nosso córtex pré-frontal que fez com que mudássemos o rumo da história da vida em nosso planeta e dominássemos todos os ambientes e todas as outras espécies presentes na face da Terra. É mesmo o ticket para a área VIP

Uma visita aos dois hemisférios



Dois hemisférios

Você, com certeza, já deve ter ouvido dizer que nossos dois hemisférios cerebrais fazem coisas completamente distintas um do outro, É

comum as pessoas afirmarem que cada indivíduo tem um lado dominante que influencia a sua personalidade, aptidões e talentos. Fala-se que o hemisfério cerebral esquerdo é mais racional, lógico, gosta de seguir regras; enquanto o hemisfério cerebral direito é mais emocional, livre, criativo. Você deve ter escutado muito isso por aí. Mas, de fato, não é tão simples assim. Se fosse, não seria o cérebro que, como já deve ter ficado bastante claro durante essa

“viagem”, é bastante complexo.

Para começar, é preciso deixar claro que um hemisfério não é completa mente diferente do outro. Além de anatomicamente serem iguais - apresentando os mesmos sulcos e giros, os mesmos lobos frontais, parietais, temporais e occipitais

-, em algumas áreas eles fazem os mesmos processamentos. Vimos anteriormente que as áreas primárias do cérebro são aquelas que recebem os estímulos sensoriais ou que dão origem aos estímulos motores, certo? Então, nas áreas primárias não há grande diferença entre o que cada hemisfério faz. No que diz respeito à informação sensorial, o hemisfério direito irá receber informações do campo visual esquerdo, das áreas de sensibilidade corporal do lado esquerdo e de ambas as cócleas (esquerda e direita) e o hemisfério esquerdo, por sua vez, irá receber informações do campo visual direito, das áreas de sensibilidade corporal do lado direito e das duas cócleas, igualmente.

Assim, no caso das áreas primárias, o papel de ambos os hemisférios é fazer a recepção e distribuição das informações sensoriais. No caso das áreas motoras primárias, o mesmo acontece. No hemisfério esquerdo, estão os neurônios motores superiores que comandam o lado direito do corpo e no hemisfério direito estão os neurônios motores superiores que irão comandar os movimentos do lado esquerdo do corpo. Mesma função, mesmos processamentos.

Até aí, tudo igual. As diferenças de função entre um hemisfério e outro vão começar a aparecer nas áreas secundárias. E isso se dá, principalmente, nas funções dependentes das informações auditivas. O córtex auditivo secundário esquerdo, em 90 % das pessoas será especializado em reconhecer padrões de voz humana e construir circuitos para fazer o reconhecimento eficiente das palavras.

Por essa razão, diz-se que o hemisfério esquerdo é especializado na linguagem.

É justamente a lesão da área auditiva secundária esquerda que causa uma das condições mais dramáticas de prejuízo na linguagem humana, conhecida como afasia sensorial. As lesões nessa região, em indivíduos que já desenvolveram a linguagem, fazem com que grupos inteiros de palavras ou até mesmo todo o vocabulário do indivíduo seja perdido.

Assim, muito provavelmente porque os circuitos de linguagem se formam no hemisfério esquerdo - e o desenvolvimento da linguagem requer uma quantidade muito grande de circuitos disponíveis para o reconhecimento de padrões de palavras o hemisfério direito se torna mais ativo para padrões de musicalidade.

Musicalidade inclui não só o caso específico da música, mas também da entonação que usamos para falar, conhecida como prosódia. Pessoas com lesões nas áreas secundárias auditivas do hemisfério direito podem não ter grandes

prejuízos na compreensão de vocabulário, mas poderão ter dificuldades para reconhecer quando alguém faz uma ironia ou quando usa um tom mais enérgico.

Com essa explicação, ainda simplista, sobre a especialização hemisferial pode-se causar a ideia equivocada de que um hemisfério é racional e o outro é criativo, emocional. Como se a linguagem provocasse um certo rtaprisionamento”

através do significado da palavra, que levasse à racionalidade, à lógica, e a musicalidade “libertasse”. Mas é preciso ampliar essa compreensão.

Além da musicalidade, o hemisfério direito também é um bom especialista na construção da noção de espacialidade e relações espaciais. Essas relações são muito importantes para o pensamento racional que se emprega na engenharia, mas também são muito úteis para o design ou para a pintura. De forma mais espantosa ainda, o pensamento matemático depende muito da espacialidade e nessa classificação simplista de separar o cérebro em racional e emocional poderia ser rapidamente associado ao hemisfério esquerdo, sendo que o direito também é muito utilizado. Da mesma forma, o hemisfério esquerdo e sua linguagem são imprescindíveis para a ciência e para pensamento lógico, mas também são a base da abstração, da literatura e da poesia.

Portanto, não é fácil dividir as funções cerebrais em categorias tão opostas e excludentes. Pelo contrário, tudo o que o cérebro faz é fruto de sua especial capacidade de integrar, associar, comparar e criar. E, para isso, os dois hemisférios trabalham de forma bastante integrada.

Vale ainda ressaltar, para acabar com o mito de que alguém criativo tem o hemisfério direito como dominante e outro mais racional tem o esquerdo dominante, que: todos os seres humanos têm como lado dominante do cérebro o hemisfério da linguagem, que em 90% das pessoas é o esquerdo, E viva o poder da linguagem!

A comunicação entre hemisférios

Não há ainda uma teoria única que explique tudo sobre a especialização hemisferial, mas alguns dados de pesquisas nos ajudam a refletir sobre a complexidade e, especial mente, sobre a interação dos dois hemisférios.

Vamos

começar

por

estudos

feitos

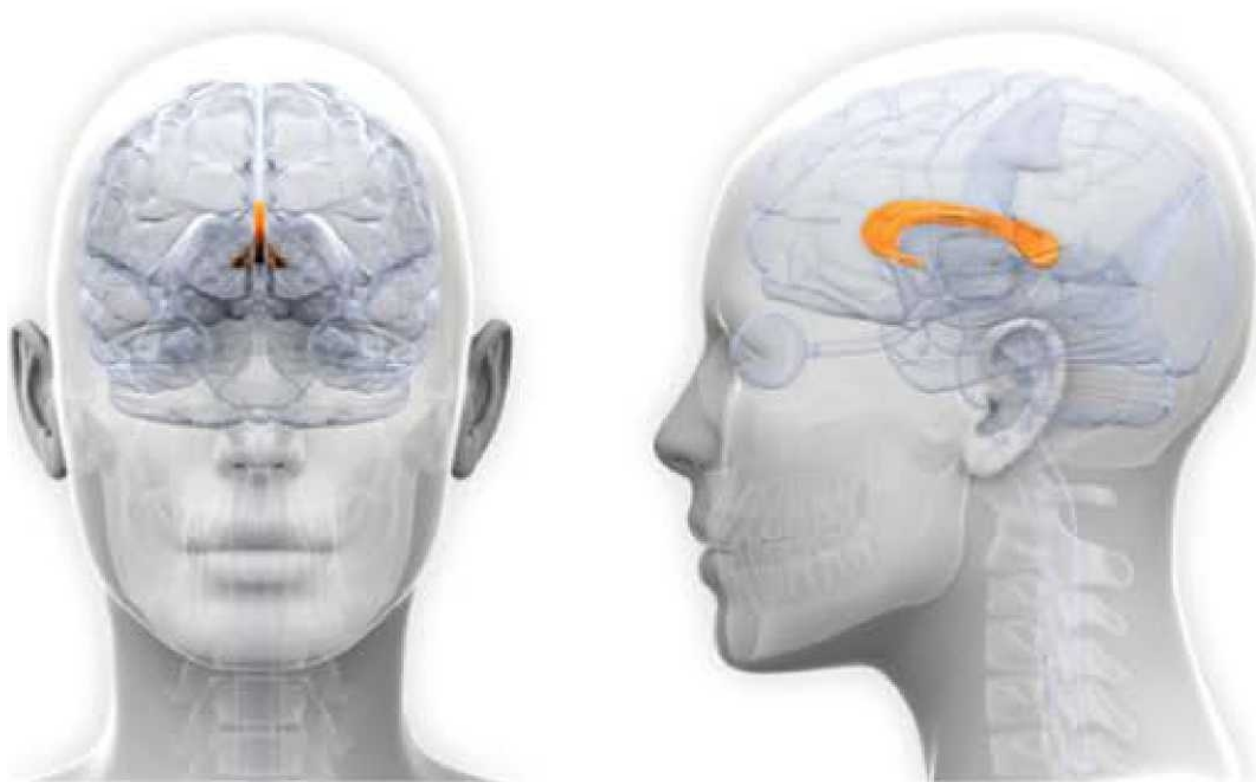
com

pacientes

que

foram

comissurotomizados, ou seja, nesses pacientes, o corpo caloso que é a principal conexão entre os dois hemisférios foi completamente destruído, gerando a interrupção da maior parte das informações que cruzam de um hemisfério para o outro.



Corpo caloso: vista frontal e lateral

A razão para esses pacientes serem submetidos a essa cirurgia é que eles sofriam de um quadro muito severo de epilepsia e, quando um foco epilético

ficava ativo em um hemisfério, acabava se propagando para o outro hemisfério.

A sequência de várias crises convulsivas que acometiam esses pacientes, podendo ser dezenas durante um único dia, fazia com que o hemisfério mais afetado fosse sendo destruído., dia após dia, e o outro hemisfério acabava sendo afetado também. Separando as conexões entre os dois hemisférios, os médicos conseguiam evitar que ambos os hemisférios fossem destruídos pela doença.

A princípio, pensava-se que a cirurgia não trazia nenhuma consequência danosa ao comportamento do paciente e os resultados eram muito favoráveis, o que fez com que essa cirurgia fosse praticada em um número grande de pacientes. A razão pela qual esses pacientes não tinham sintomas muito severos após a cirurgia é que, estando na vida adulta e depois de terem desenvolvido as funções do cérebro, a execução da função de um hemisfério já não dependia tanto da função do outro. Poderiam ter dependido um do outro para desenvolver aquelas funções, mas depois de adultos, um hemisfério não dependia do outro para executar sua parte.

No entanto, nem tudo era perfeito men te normal nesses pacientes. Um dos dados mais surpreendentes descobertos sobre esses pacientes foi observado quando se fez um experimento. Colocava-se um objeto na mão esquerda do paciente, sem que ele pudesse ver sua própria mão, a qual ficava atrás de um anteparo. Quando perguntavam o que havia na mão, como o paciente era incapaz de acessar o seu hemisfério esquerdo por conta da separação dos hemisférios, ele não conseguia nomear o objeto - somente a partir de informações disponíveis no seu hemisfério direito, ele respondia não saber o que havia na mão (lembrando que as informações dos membros do lado esquerdo do corpo chegam ao lado direito do cérebro). Já colocando o mesmo objeto na mão direita, o reconhecimento era imediato. Os resultados desse tipo de experimento e de outros tantos realizados, levaram os pesquisadores a concluírem que o hemisfério direito, justamente por ser desprovido de linguagem, não conseguia discriminar e nominar o objeto.

Com base nisso, muitos pesquisadores começaram a defender que todas as identificações, e ate mesmo o raciocínio, dependeriam muito mais do hemisfério

linguístico do que do hemisfério não-linguístico,

Mas havia mais peças nesse quebra-cabeças: alguns achados muito intrigantes na história dos estudos sobre os hemisférios. Descobriu-se que crianças pequenas têm muito mais prejuízo cognitivo se sofrerem uma lesão importante no hemisfério direito do que no esquerdo. E, à medida que crescemos, as lesões no hemisfério esquerdo são aquelas que trazem maiores prejuízos. Depois, no

envelhecimento, voltamos a depender muito de ambos os hemisférios, inclusive para a linguagem. Mas, afinal, no que essa peça contribui para compreender os hemisférios?

O hemisfério do novo e o hemisfério do conhecido Por causa desses e de outros resultados, o Eikhonon Goldberg, neuropsicólogo e neurocientista cognitivo, enunciou uma teoria muito interessante sobre a especialização hemisferial. Goldberg afirma que o hemisfério direito cuida das observações mais gerais e espaciais e raciocinando sobre essas relações.

Também teria uma grande capacidade de reconhecer padrões novos e fazer com que nossa atenção permitisse o esquadrinhamento desse novo objeto. Caso essa observação provoque no hemisfério esquerdo o reconhecimento de um padrão conhecido, ficaria a cargo do hemisfério esquerdo reconhecer; dar nome e permitir a manipulação adequada e o uso pertinente e conhecido.

Quando um objeto conhecido for analisado novamente pelo hemisfério direito, estaremos dando um grau de liberdade para criar novas ideias e usos para ele.

Essa deliciosa observação sobre o novo e o conhecido que o Goldberg nos fornece é uma forma interessante de analisarmos as especializações hemisferiais: o processamento da linguagem seria o padrão daquilo que já está definido e conhecido e se daria no hemisfério esquerdo, enquanto que o hemisfério direito seria o campo onde poderíamos exercer a produção de novos padrões, novos objetos ou novos usos para velhos e conhecidos objetos.

Considerando que as funções corticais podem ter essas duas formas de processamento da informação, podemos entender porque a especialização hemisferial nos traz grandes vantagens funcionais. E essa diferença de processamento entre os hemisférios não é exclusiva de seres humanos. Várias espécies animais já apresentam graus variados de especialização. É possível que a construção da linguagem tenha sido uma consequência da especialização e não a causa,

explicação que estaria em maior consonância com a teoria do novo e conhecido de Goldberg ou teoria da novidade e rotinização. Um hemisfério para o novo e outro para o já conhecido até que essa especialização resulte numa identificação tão precisa do conhecido que irá dar origem à linguagem.

Depois desse passeio pra lá de VIP pelo córtex humano, duas coisas devem ficar bem claras:

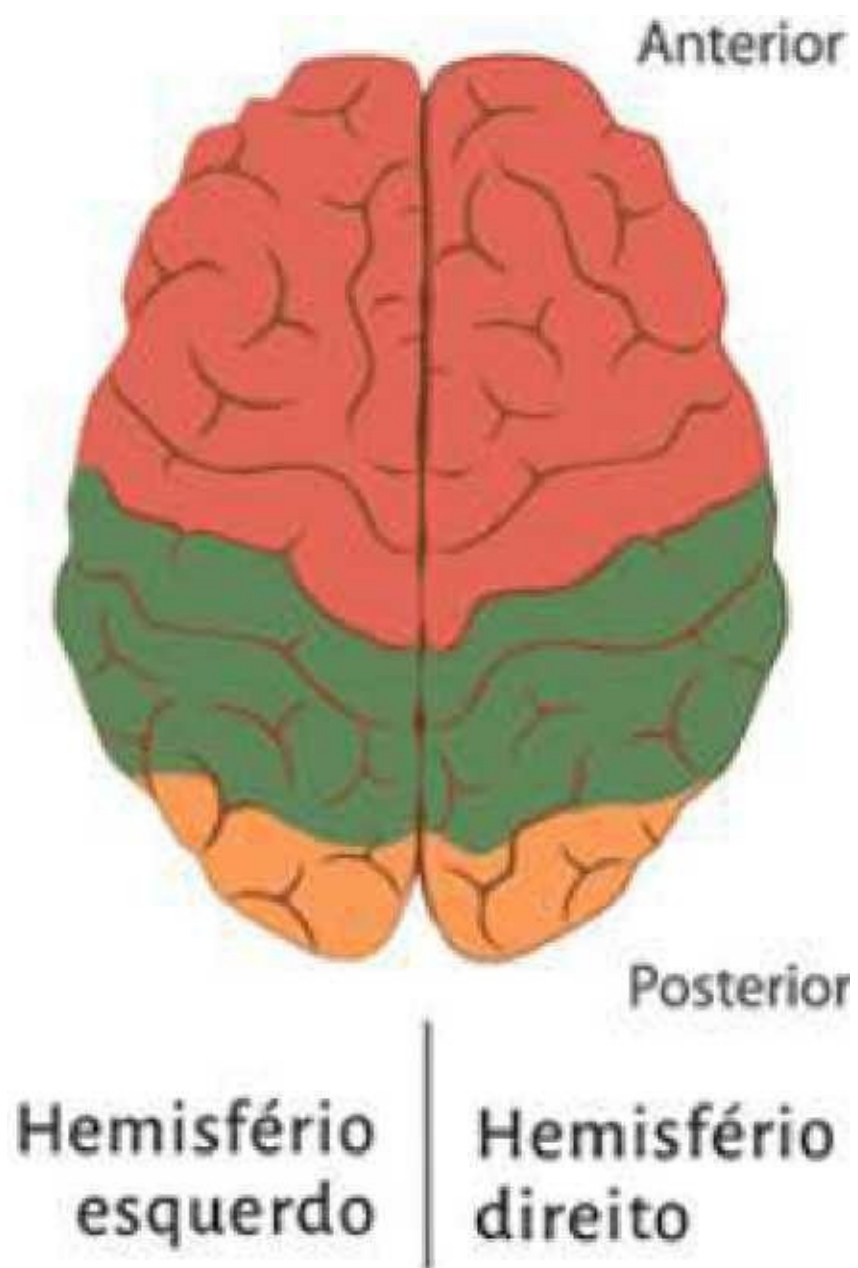
1 - a importância e a complexidade do córtex, especialmente das áreas terciárias de processamento como o córtex pré-frontal (como o nosso diferencial entre as espécies) e a área parieto-occipito-temporal (que nos possibilita a

linguagem).

2 - que não dá pra deixar nenhum amigo falar que temos um hemisfério dominante, sendo que um é racional, outro emocional. Mas o que, ao que indicam as pesquisas, dá pra falar é que um lida com o novo enquanto o outro com o conhecido.

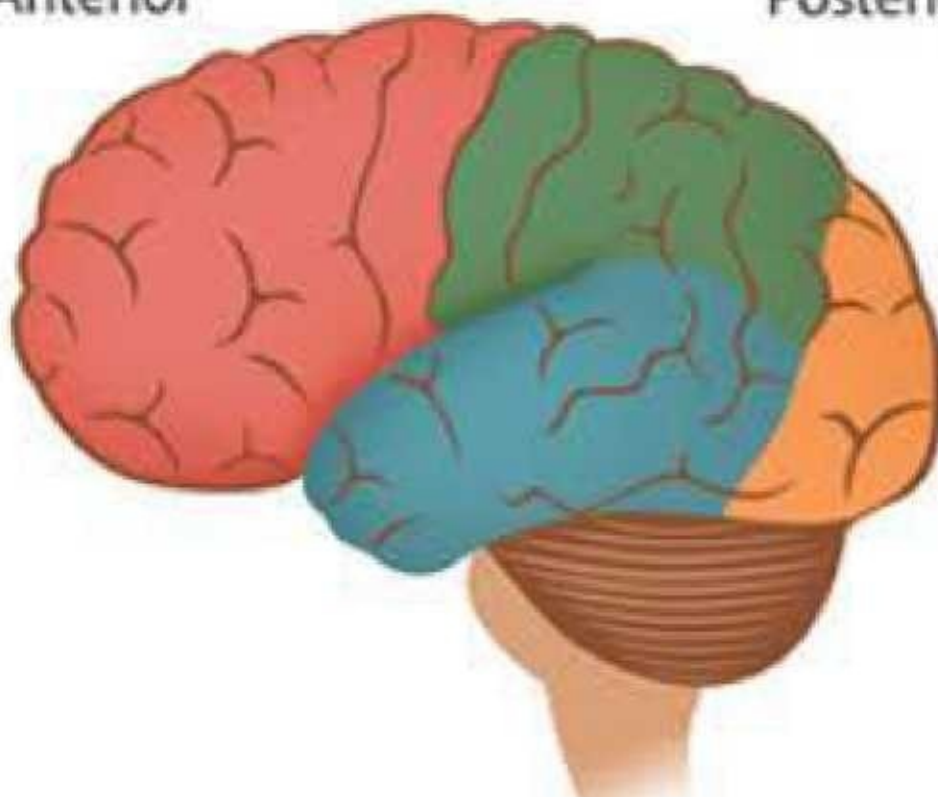
Lobos cerebrais

Visão superior



Anterior

Posterior



Visão lateral



Lobo Frontal

Lobo Parietal

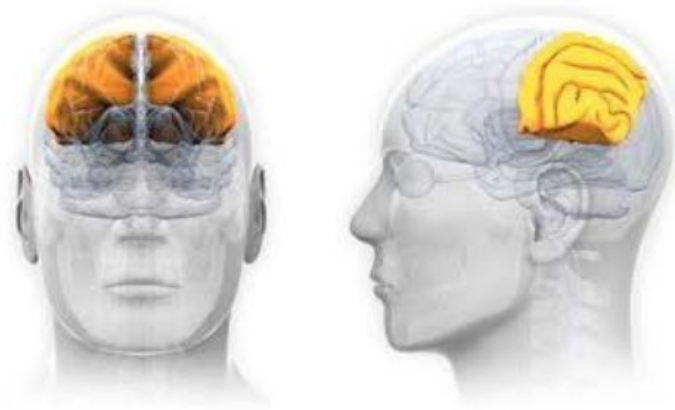
Lobo Occipital

Lobo Temporal

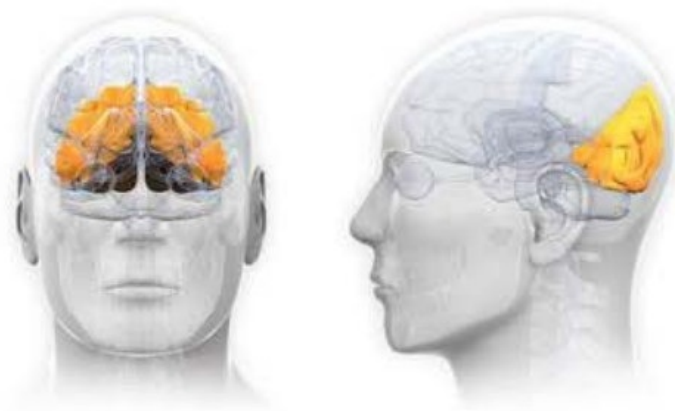
Lobo Frontal



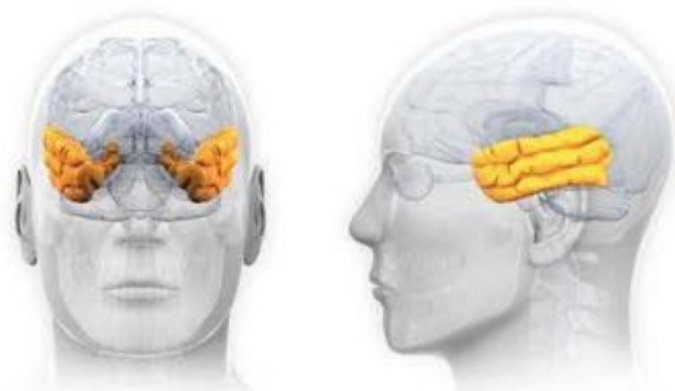
Lobo Parietal



Lobo Occipital



Lobo Temporal



Lobos cerebrais.

Capítulo 9

A surpreendente viagem sem volta: dos circuitos cerebrais às funções executivas

A partir desse ponto, a nossa viagem pelo cérebro é uma viagem sem volta.

Impossível sair o mesmo dessa jornada depois de ler esse Capítulo. Acabamos de ver que as áreas do córtex cerebral estão divididas em suas diferentes organizações funcionais, que temos áreas primárias, secundárias e terciárias, com diferentes níveis de processamento de informação. Também procuramos detalhar como os hemisférios cerebrais atuam em certas partes da mesma maneira {especialmente nas áreas primárias) e, em outras, ainda que possuam as mesmas áreas, se especializam em tarefas específicas, um hemisfério para lidar com o novo, outro para lidar com o conhecido.

Mas, a partir daqui, o desafio é entender o significado de tudo isso: como circuitos têm relação com nossos hábitos, nossos aprendizados e memórias? E, em seguida, compreender o que são as funções executivas e qual a importância delas. Aí você vai entender porque essa viagem é sem volta.

Para começar, é preciso compreender que os neurônios corticais formam circuitos, ou seja, os neurônios estabelecem conexões e atuam em conjunto.

Estes circuitos geram espécies de padrões de atividade, que estão relacionados a todas as coisas que conhecemos e experimentamos. Você deve se recordar que, quando um receptor sensorial é ativado por alguma energia disponível no ambiente como ondas sonoras, energia luminosa, térmica ou mecânica, essa ativação promove a geração de correntes elétricas no neurônio ligado ao receptor ativado. Essas correntes podem ser ativadas em baixa frequência, quer dizer, poucos pulsos por segundo, ou em alta frequência, muitas vezes por segundo.

Então, o sistema nervoso aprende a identificar a ativação de um neurônio específico com uma frequência específica como sendo uma informação. Ativar um neurônio numa frequência específica então é uma propriedade específica de um estímulo.

E sabe o que isso significa? Se dois estímulos diferentes provocarem a mesma frequência de atividade em um mesmo neurônio, para o sistema nervoso, essas informações serão iguais. Esse é o conceito de informação. Nós vimos isso acontecer na prática quando as duas pontas de uma lapiseira numa área do nosso braço não foram capazes de produzir informações em neurônios diferentes e foram interpretadas como sendo um único estímulo em um único ponto do braço. Lembra-se disso?

Bom, agora vamos pensar como foi que um padrão de ativação de neurônios

foi construído em seu cérebro de um modo que, quando esse padrão é ativado lhe faz pensar em uma caneta, por exemplo. A palavra pensar aqui é um pouco mal colocada porque reconhecer um objeto através da ativação de um padrão específico neuronal não significa que precisamos pensar nele, Você se lembra de como foi que você conheceu uma caneta? Qual foi a sua primeira experiência com esse objeto? Muito provavelmente você não se lembra.

Mas deve ter sido algo assim: você ainda era um bebê e estava no colo da sua mãe. Sua mãe pegou uma caneta na mão e começou a escrever. Imediatamente, o movimento estranho e diferente que a caneta fazia chamou muito a sua atenção.

Você estava até aquele momento acostumado a observar movimentos mais previsíveis. Movimentos repetitivos, pendulates, circulares, rítmicos que são mais comuns em nosso ambiente. Alguém balançando um chocalho na sua frente, o mobile da sua cama se movimentando, o ritmo de pessoas andando... Os únicos movimentos que eram parecidos com aquele movimento tão diferente que a caneta fazia eram os que você já tinha observado na face das pessoas, como mexiam os músculos do rosto ou como movimentavam a boca para falar. Então, aquele objeto se comportava como algo diferente e muito interessante.

Era o tipo de coisa que chamava tanto a sua atenção e o seu interesse, que você queria pegar a qualquer custo, sentir, apertar, levar à boca e explorar sensorialmente o objeto. Naquele momento, você já estava recebendo informações visuais de grande valor, já que sua atenção parecia estar totalmente absorta em observar aquele objeto. Mas essas informações não eram capazes de revelar como ele real mente era. Você mal consegue formar uma imagem nítida da caneta. Há só aquele movimento diferente e interessante. Para saber mais sobre ele, você precisa aumentar a qualidade da sua experiência e pegar!

Imediatamente você se estica todo no colo da sua mãe, tentando com todas as forças alcançar a caneta nas mãos dela. Mas ela, muito rapidamente, afasta você da caneta e impede que você a pegue. Depois de algumas tentativas frustradas, você ameaça chorar e sua mãe lhe fala: não, caneta não pode. Caneta machuca o nenê.

E essas novas informações disponíveis já ajudaram você a reconhecer alguns padrões. Você já sabe exatamente o que significa não e nenê. Esses dois sons já são bem comuns e, quando eles aparecem, têm um significado já identificado.

Mas sua mãe falou algo mais, algo parecido com "knta". Esse som ativou neurônios específicos, mas o fato de ele nunca ter sido dito não fez dessa informação algo revelador.

O que acontece no seu cérebro agora? Um padrão de ativação neuronal provocado por todas as informações visuais que você está conseguindo captar e processar, mais um padrão de ativação auditivo provocado pela experiência

sonora de sua mãe falando algo novo simultaneamente à experiência visual nova. Se ao manipular o objeto, ele fizesse algum barulho, essa informação auditiva também poderia ser anexada a tudo isso.

Um dos princípios mais essenciais sobre o funcionamento do sistema nervoso foi enunciado por Donald O. Hebb, neuropsicólogo canadense, em 1949. Hebb, depois de ter investigado profundamente a atividade neural, postulou que neurônios que são ativados simultaneamente têm a tendência a se conectarem. O

que isso quer dizer? Significa que todos os neurônios que foram ativados quando você estava observando a caneta pela visão, audição, tato têm a tendência a produzirem conexões entre eles. Ou seja, têm a tendência a formarem um circuito de neurônios.

Então, ali na área primária, os neurônios que foram ativados por todas as informações visuais provenientes daquela experiência nova apresentarão a tendência a formarem um circuito entre eles. Mas não é só isso. O mesmo está acontecendo na área auditiva primária, já que o som de caneta também foi capaz de ativar neurônios específicos de uma forma totalmente nova. Esses circuitos ainda são muito fracos nesse momento e essa primeira experiência só poderá gerar circuitos mais duradouros se o seu sistema límbico também for ativado durante aquela experiência. Quer dizer, você precisa ter achado a caneta uma

coisa interessante e precisa ter ficado estimulado, excitado, pela caneta para que esses circuitos ganhem um reforço emocional e se tornem mais fortes, tendo a chance de se manterem conectados por mais tempo.

Mas, em breve, você terá outras experiências com a caneta, E mesmo que esses circuitos não permaneçam totalmente conectados, algumas poucas conexões continuarão ligadas. Ao serem novamente ativadas, naquele mesmo padrão ou em um padrão muito semelhante, serão no va mente fortalecidas. E, provavelmente, novos elementos de informação poderão ser anexados ao que restou do circuito inicial.

A princípio, quando você começou suas interações visuais com a caneta, eram os neurônios das suas áreas primárias visuais que se ativavam quase que separadamente. Agora, na área secundária visual, a atividade conjunta de neurônios da área primária pode gerar um circuito comum a todas elas para justamente marcar o momento em que esses elementos estão presentes simultaneamente. Formar esse circuito na área secundária vai permitir que aquele padrão seja reconhecido mais rapidamente, É como se tivéssemos na área primária a chance de reconhecer cada parte do estímulo e da informação presente no ambiente, mas quando ocorre a ativação conjunta de determinados neurônios, isso significará que um objeto está presente.

Cada parte da caneta foi sendo montada vagamente nas suas áreas

primárias e, depois de várias experiências com a caneta, todas as partes dela em conjunto são capazes de ativar um circuito secundário. Uma vez que esse padrão secundário esteja disponível, o reconhecimento visual do objeto pode acontecer na presença de apenas parte desses elementos, Você reconhece o corpo de uma caneta como sendo uma parte dela mesmo que a tampa ou a carga da caneta não estejam presentes naquele momento. A formação desses padrões secundários é resultado de um processamento de formação de vários circuitos primários e a vivência de experiências com eles até que tenhamos um circuito que representa a caneta para nós, Se quisermos imaginar uma caneta, precisaremos ser capazes de ativar a estimulação desse padrão dentro de nosso córtex cerebral.

O mesmo irá ocorrer nas áreas auditivas quando a palavra caneta for sendo repetida. Quando você tiver a experiência de pegar na caneta, senti-la com as mãos e depois colocá-la na boca, serão seus circuitos primários somestésicos que estarão sendo formados.

Depois, ao saber sua textura, gosto, tamanho e também saber qual é o som que a caracteriza são montados circuitos terciários a partir da conectividade de todos os padrões secundários já formados. Isso ocorre justamente por causa da simultaneidade de ativação que segue o princípio de Hebb: todos esses inúmeros circuitos formados estão sendo ativados em simultaneidade. Não são todos sempre, mas uma hora são dois como visão e audição, em outro momento são visão e somestesia e, em momentos muito oportunos, todos os três canais estão sendo ativados. Cada um desses momentos irá contribuir para que essas conexões se realizem. E não será apenas um circuito para cada estímulo. O

córtex cerebral não faz economia: podemos verificar a formação de padrões de algumas palavras, por exemplo, em diferentes áreas corticais simultaneamente.

Mas, como já havíamos adiantado, os dois hemisférios cerebrais não irão construir os mesmos padrões. As áreas primárias receberão os mesmos estímulos sensoriais em ambos os hemisférios, mas nas áreas secundárias e terciárias, os padrões formados serão diferentes. Ainda não se sabe exatamente o que direciona para as diferenças funcionais entre os dois hemisférios, mas já se sabe que padrões específicos que orientam o reconhecimento de sons da linguagem e nomeiam objetos sofrem modificações ao longo do desenvolvimento do indivíduo. Como dissemos anteriormente, pesquisas apontam que nos primeiros anos da infância, ambos os hemisférios são muito importantes para o reconhecimento do ambiente e a construção de padrões. Na ausência de uma linguagem mais formal e escrita, o hemisfério não-linguístico que geralmente é o direito, mas nem sempre, apresenta uma grande importância. Crianças de zero a três anos que sofrem lesões importantes no hemisfério direito costumam ter mais prejuízo cognitivo do que aquelas que sofrem lesões no hemisfério

esquerdo. Já a partir dessa idade, a importância do hemisfério direito tende a diminuir e as lesões do hemisfério esquerdo em jovens e adultos trazem prejuízos marcadamente maiores do que as lesões de hemisfério direito.

É importante mencionar que a área terciária formada pela intersecção funcional das áreas visuais, auditivas e somestésicas é de extrema importância para várias funções cognitivas, em qualquer um dos dois hemisférios. No hemisfério linguístico, essa área é responsável pela formação dos padrões que definem os objetos. Já no hemisfério não-linguístico, essa área está bastante relacionada com mecanismos mais gerais e espaciais. É como se o hemisfério linguístico reconhecesse padrões e fosse capaz de identificar diferenças mínimas que

definem precisamente os objetos, por exemplo. Já o hemisfério não-linguístico é capaz de fazer observações mais gerais e espaciais, alertando o sistema para a presença de algo novo no ambiente que precisa ser verificado ou alertar sobre a aproximação longínqua de perigo, por exemplo.

Um experimento interessante feito em pássaros revelou ser possível manipular os ovos para que os pássaros nascessem sem uma lateralização hemisférica muito bem definida. Os pássaros que se desenvolviam normalmente sem a manipulação eram capazes de se alimentar e, ao mesmo tempo, vigiar o ambiente para evitar surpresas com predadores. Já os pássaros que sofreram o bloqueio da especialização hemisférica, feito com estímulos luminosos, perderam a capacidade de realizar essas duas funções simultaneamente.

Portanto, fica claro que ter dois hemisférios e poder especializá-los em funções distintas pode ser mesmo um recurso incrível. Inclusive para nós, humanos. E, se soubermos como usar isso em nosso benefício, pode ser ainda melhor. Já imaginou poder ser capaz de direcionar a funcionalidade do seu cérebro para que seja utilizado o melhor sistema em cada uma das situações que se apresentem no seu cotidiano?

Bom, na verdade, mesmo que você não se atente para esse fato, é exatamente isso que acontece o tempo todo. Esses circuitos corticais vão sendo montados a cada uma de suas experiências. Eles representam tudo aquilo que você sabe sobre o mundo. E são responsáveis também por todas as suas memórias de vida.

Logo ali no seu córtex temporal, toda a sua história de vida está registrada em circuitos neuronais.

Em um livro de contos neurológicos de Oliver Sacks, chamado *Um Antropólogo em Marte*, ele conta o caso de um paciente que passava o dia todo preso em suas reminiscências, em suas recordações do passado. O cotidiano desse paciente era contar e recontar suas histórias de quando era criança.

Apresentava com detalhes impressionantes cada um dos cômodos da casa e repetia todos eles a cada instante. No início, ninguém imaginava que algo de

errado poderia estar acontecendo com ele. Mas, depois de muitas repetições, durante muito tempo, a família resolveu levá-lo ao médico. A razão pela qual ele repetia incessantemente suas memórias de infância era que o paciente era portador de uma epilepsia focal do lobo temporal lateral esquerdo. O que isso

significa? Uma epilepsia é um quadro onde áreas cerebrais são ativadas por uma atividade intrínseca, própria. Você já deve ter ouvido falar que alguém tem epilepsia e apresenta convulsões. Geralmente essas convulsões são bastante expressivas e difíceis de serem ignoradas, A pessoa acometida cai ao chão, se contorce em contrações musculares involuntárias e parece mesmo estar passando por uma condição grave e severa.

Porém, nem todas as convulsões são assim. Dizer que uma epilepsia é focal, significa que a atividade elétrica espontânea, característica da convulsão, não se espalha por todo o cérebro, mas fica restrita a apenas uma pequena região. No caso do paciente descrito por Oliver Sacks, esse foco convulsivo estava justamente nas áreas cerebrais que contêm os circuitos responsáveis pela nossa memória autobiográfica. Cada vez que ele tinha uma convulsão, nada além de narrativas de infância aconteciam, Esse era o sintoma que caracterizava que esse paciente estava convulsionando. Estranho, não é? A neurologia e a psiquiatria estão cheias de casos que parecem enormes esquisitices, mas não são nada mais do que alterações funcionais de um sistema biológico. O cérebro é o órgão funcional de nosso comportamento, sensações, pensamentos, emoções, cognição, entre tantas outras coisas. Se algo não está bem com ele, podemos ter sintomas em qualquer uma dessas esferas da vida.

Bom, voltando ao paciente que convulsionava e tinha reminiscências, esse é um bom exemplo para nos mostrar como os circuitos neuronais guardam padrões informationais.

Os circuitos e o automatismo

A formação de circuitos neuro nals provoca automatismos na nossa percepção e no nosso comportamento. Cada um dos circuitos que se formam, passam por um processo de fortalecimento, que faz com que fique cada vez mais fácil ativá-lo quando algo que se parece com aquilo está presente no ambiente. Quando você ouviu sua mãe falar pela primeira vez a palavra caneta, o som parecia abafado e pouco claro, não entendeu direito onde a palavra começou e onde acabou naquele som que ela emituiu. Mas, à medida que você foi ouvindo repetidas vezes aquela mesma palavra em contextos muito parecidos uns com os outros, foi ficando cada vez mais claro cada elemento sonoro da palavra e também foi

ficando mais fácil de reconhecê-la mesmo quando ela não era perfeitamente pronunciada.

Um falante nativo da língua portuguesa consegue entender pessoas falando em português, com graus variados de facilidade, mesmo que sejam angolanos, portugueses ou brasileiros dos mais variados estados e regiões do Brasil. Seja qual for o sotaque, ele terá sucesso em compreender um diálogo. Já alguém que aprendeu a falar português depois de uma certa idade, quando os padrões essenciais e primários do córtex já estavam bem formados, fica difícil formar bons padrões na língua portuguesa, capazes de identificar variantes sonoras das mesmas palavras. Na verdade, o nativo na língua sabe qual palavra cabe ali naquele lugar, naquela frase e consegue reconhecer os padrões sonoros mínimos para identificar a palavra. Já quem não é nativo, precisa que o som seja melhor pronunciado e que ative adequadamente o circuito correspondente para que a identificação seja perfeita.

Essa automatização de circuitos corticais faz com que tenhamos a tendência a perceber e analisar as coisas sempre de uma forma muito padronizada de acordo com quem somos, onde crescemos, as experiências que tivemos e com quais são as nossas crenças. Na verdade, nós temos crenças justamente porque automatizamos circuitos preferenciais e temos a tendência a provocar sempre a mesma ativação quando estão presentes elementos mínimos para que aquele padrão seja ativado.

Um dos avanços mais significativos na elaboração de sistemas com inteligência artificial está na construção desses padrões automatizados e preferenciais em sistemas de reconhecimento visual ou auditivo como os escaneadores de faces ou identificadores de voz ou sons, como o sistema Siri que muitos usam em seus celulares. Os estudos sobre o funcionamento cerebral têm auxiliado muito no desenvolvimento de novas tecnologias.

No entanto, a principal aplicação desses conhecimentos sobre os circuitos está em sermos capazes de reconhecer os nossos próprios padrões automáticos de processamento, o que pode nos ajudar a contrabalançá-los quebrando sua hegemonia e permitindo a ruptura de preconceitos, de vícios, de pensamentos recorrentes, de percepções equivocadas e apressadas sobre situações e pessoas.

Conhecer sobre esse processo de construção do cérebro, que determina quem somos, ajuda a nos desconstruirmos e nos permite novas possibilidades de comportamentos, percepções e relações.

O sistema nervoso se organiza em circuitos automatizados justamente para

produzir respostas muito rápidas, respostas-padrão, para que você não tenha que pensar em tudo para responder ou agir, para que não tenha que depositar a atenção e consciência em tudo o que vai fazer, o que levaria bem mais tempo e

exigiria mais esforço mental. Assim, só solicitamos a consciência quando necessário, quando não temos a resposta-padrão para algo novo ou quando a nossa resposta-padrão não está a contento,

Como dissemos anteriormente, a formação de um circuito e a automatização envolve repetição, treino, reexposição à informação. Na maioria das vezes, inicialmente é preciso o monitoramento da ação através da atenção e da consciência, até que o circuito se consolide e se torne automático. Durante esse processo de monitoramento, é fortemente recrutada a atuação do córtex pré-

frontal (o ticket para a área vip, lembra-se?), depois de automatizados, os circuitos são regidos principalmente pelo sistema límbico, de modo automático e padronizado, e não exigem mais a atuação da consciência.

Quando os circuitos se estabelecem, passam a ser hábitos e a serem executados sem esforço mental. No entanto, quando se deseja mudar esse circuito, mudar um comportamento automatizado, isso exige novamente esforço e monitoramento da consciência. Mas nem sempre a vontade consciente é suficiente diante da capacidade do cérebro de retornar a seus padrões automáticos. Por isso, é preciso alinhar a mudança de hábitos às emoções, transformá-la em algo com apelo emocional, alinhada aos valores, desejos e anseios da pessoa que vivência a transformação.

Racionalizar demais não ajuda nos momentos em que a emoção toma conta e aí há o risco de retornar aos velhos padrões ou cometer deslizes, voltando a agir no automático. Racionalizar é importante para estabelecer as metas e o foco para enganar o seu cérebro com recompensas emocionais para que ele se mantenha no curso da mudança! Mudar é possível, seja qual for o hábito a ser modificado, mas desde que haja o desejo de mudar, a persistência e que o novo hábito esteja alinhado às emoções.

De qualquer forma, nosso cérebro é dotado de neuroplasticidade, ou seja, está sempre pronto a desenvolver novos circuitos e, conseqüentemente, aprender coisas novas e adquirir novos hábitos, além de eliminar os antigos. Isso significa dizer que o cérebro é flexível e mutável, embora alguns indivíduos sejam mais

resistentes que outros à mudança. Cada vez que o cérebro instaura uma nova conexão e a fortalece para aumentar o domínio de uma habilidade, ele enfraquece outras conexões que não foram utilizadas nesse momento, o que faz, com o tempo, enfraquecer velhos hábitos. Porém, é preciso ficar claro que o cérebro pode se modificar, mas, definitivamente, não gosta disso. Pela lógica de funcionamento do sistema, os circuitos são montados para permanecer e não para mudar. Permanecer é bem mais fácil do que mudar. No entanto, a dinâmica da vida atual, em que as transformações acontecem a cada piscar de olhos, toma a mudança necessária. Mudar é preciso! Extremamente necessário. Mas,

justamente porque esse não é o *modus operandi* do cérebro, é preciso ter em mente que mudar não é fácil, exige esforço e determinação.

A grande contribuição que a neurociência tem para a vida: conhecer a si mesmo para poder se libertar de quem você acredita que é, de quem se tornou por imposições externas do meio, de pessoas à sua volta, de crenças e se tornar quem você realmente deseja ser. Conhecer sobre a construção de circuitos corticais representa um passo importante para a transformação de hábitos e o gerenciamento eficaz da sua vida.

A torre de controle: o córtex pré-frontal e as funções executivas Estamos chegando à última das fronteiras dessa jornada sem volta. Aquilo que realmente nos diferencia do restante dos seres vivos está justamente na capacidade de ordenar, organizar, priorizar e executar raciocínios e comportamentos. Esta é aquela porção exclusivamente humana.

A capacidade humana de orientar o comportamento para ganhos futuros, planejar etapas de um projeto ou mesmo organizar adequadamente a composição de uma frase para podermos nos expressar de forma complexa através da linguagem é considerada única, exclusiva, extraordinária.

Imagine que o seu cérebro é como um céu cortado por milhares de aviões diferentes, cada um em uma direção, de um modelo, em uma velocidade, em linha reta, em curva, em looping... E você tem que gerenciar toda essa informação que chega do ambiente por meio dos órgãos dos sentidos e do seu próprio corpo fome, sede, dor, emoções, propriocepção, memórias, pensamentos.

Para isso, você precisa de uma espécie de torre de controle de tráfego aéreo, para que possa descobrir o que precisa de atenção, onde manter o foco, como

controlar os impulsos, como se planejar, que informação precisa guardar e o que precisa ser ignorado ou descartado. As funções executivas são esse controle de tráfego aéreo no cérebro!

De fato, não nascemos com as habilidades que nos permitem manter o foco, controlar os impulsos e fazer planos, tomar decisões, corrigir a rota. Nascemos, sim, com o potencial para desenvolvê-las. No entanto, isso só ocorre dependendo de nossas experiências desde a primeira infância até o início da vida adulta (sim, o pleno desenvolvimento das funções executivas só se dá na vida adulta!). Para construir essa torre de controle que comanda o tráfego aéreo do nosso cérebro e o leva a uma alta performance, é preciso começar pelo alicerce já na primeira infância, subindo as paredes grada ti va mente, pois isso dará sustentação para o pleno desenvolvimento das funções executivas ao longo da vida. Essas

habilidades são desenvolvidas por meio da prática, da experiência, do exemplo e vão sendo progressivamente lapidadas.

As funções executivas são um grupo de habilidades que nos ajudam a focar, a planejar, a direcionar e gerenciar vários fluxos de informação ao mesmo tempo, monitorar erros, tomar decisões a partir das informações disponíveis, rever planos, resistir às distrações, evitar ações precipitadas.

Conseguir construir os primeiros blocos dessas habilidades é uma das tarefas mais importantes nos primeiros anos da infância, mais do que aprender qualquer conteúdo! Estimular essas capacidades rudimentares é fundamental para o desenvolvimento saudável da criança, para a maturação do cérebro e para a aprendizagem.

Por definição, as chamadas funções executivas são aquelas que permitem que o indivíduo se engaje em comportamentos orientados e objetivos, em ações com um alto grau de autonomia, orientadas para metas específicas. É nesse contexto que vamos encontrar as funções que mais se aproximam da intencionalidade que conhecemos como o livre arbítrio.

Vimos anteriormente que uma pessoa pode apresentar comportamentos automatizados e que apesar de eles ainda se configurarem como comportamentos voluntários, essa característica de automatização faz com que eles possam ser realizados com um bom grau de sucesso mesmo quando não estamos conscientemente cuidando deles. Um bom exemplo disso é a capacidade das

peessoas que sabem dirigir de conduzir um carro com maestria mesmo quando não estão conscientemente focadas nessa tarefa. Mas, por outro lado, quando ainda estamos desenvolvendo estas capacidades de nos comportarmos de maneira complexa, precisamos executar funções que vão desde selecionar quais são os elementos do ambiente que precisam de nossa atenção seletiva até a capacidade de encontrar soluções diferentes para velhos ou novos problemas, bossa capacidade de raciocinar, tomar decisões e orientar nosso comportamento depende do funcionamento das funções executivas.

Essas funções extremamente complexas não podem ser designadas como dependentes da atividade de apenas uma região do córtex cerebral. Pelo contrário, essas funções são resultado da integração de várias áreas atuando simultaneamente e integradas, como uma grande orquestra.

No entanto, como em toda orquestra, existe um maestro. E esse maestro está no córtex pré-frontal, lá se localiza a coordenação da execução dessas funções.

Lembra-se que falamos que o córtex pré-frontal era o ticket para a área vip entre os seres humanos, que era o que nos diferenciava de outros animais? Pois é exata mente aí que está o maestro das funções executivas.

Vamos conhecer um pouco mais cada uma dessas funções.

A atenção

A primeira a ser considerada é a atenção seletiva e sustentada. Quando nascemos, somos capazes de dirigir nossa atenção a estímulos que tenham uma importância em nosso ambiente. Seja pela intensidade ou pelo valor que já aprendemos que aquele estímulo tem. Assim, o bebê irá olhar para o chocalho barulhento ou para sua mãe quando perceber sua presença pelo cheiro ou pela voz. Essas coisas chamam a atenção do bebê. Durante seu desenvolvimento, as experiências que ele for vivendo farão com que ele aprenda que outras coisas merecem sua atenção. Assim, o repertório de atrações para a atenção da criança vai gradativamente aumentando.

Também é possível que, ao longo do tempo, essa criança vá eliminando algumas coisas que deixam de ser atraentes porque já são devidamente conhecidas e não oferecem mais experiências de valor. Um bebê cansa de seus brinquedos porque já os explorou e não há mais nada ali que ainda precise ser conhecido. Ele brinca com as chaves do pai, coloca-as na boca, deixa-as cair no chão, sorri quando

ouve o tilintar delas, vive toda sorte de experiências com o molho de chaves... Mas, depois de um tempo, descobre que aquilo não se altera, é sempre igual e não oferece perigo nem oportunidade e deixa de ter interesse pelas chaves.

É claro que isso irá mudar de figura quando ele alcançar a idade na qual as chaves do pai podem voltar a interessar por serem o meio pelo qual ele poderá pegar o carro emprestado, não é? Mas de um ponto a outro dessa história, muitas coisas ainda precisam acontecer para que ele aprenda a dirigir e sustentar sua atenção em um determinado objeto mesmo quando nada de incrível esteja acontecendo.

Aos poucos, a criança irá perceber que ela pode ser muito surpreendida se aprender a prestar atenção em uma história. Ela terá que intencionalmente ultrapassar aquele momento da história em que precisamos conhecer os personagens. não será fácil se for uma descrição aprofundada como aquela que encontramos em romances cheios de detalhes descritivos sobre cada personagem, A falta de vocabulário e entendimento somada à baixa capacidade de armazenar dados novos fará com que histórias complexas não prendam a atenção de uma criança. Por isso mesmo será necessário começar devagar.

Primeiro podemos usar músicas curtinhas, como as cantigas de roda que os pequenos adoram. Depois contar uma história curta com personagens cativantes e simples, as com animais são ótimas escolhas. Em seguida, podemos começar a contar histórias um pouco mais longas, A criança, nesse processo, aprende que

se ficar prestando atenção mesmo quando a coisa pareça momentaneamente desinteressante, em breve virá um benefício daquele comportamento. Isso estimula o desenvolvimento dessa função executiva.

Esse será um processo crescente onde cada vez mais a criança será capaz de sustentar a atenção em algo, mesmo que a princípio aquilo não pareça eficiente como um estímulo. Aprenderemos a prestar atenção em uma aula longa e chata se precisamos daquelas informações e essa for a única fonte para as obtermos.

Obviamente isso gera um desafio a mais nessa sociedade em que podemos encontrar informações em vários lugares diferentes e muitas vezes isso pode provocar uma falta de discernimento para avaliarmos o que é real mente imperdível, não é?

A atenção é um recurso de fundamental importância para o aprendizado, para a

comunicação, para a retenção de informações na memória, para o aumento da produtividade nas tarefas, No entanto, é um recurso limitado e, no mundo atual com Internet, mídias sociais, mensagens instantâneas, torna-se cada vez mais difícil gerenciá-la e, portanto, cada vez mais necessário aprender como fazer isso. É importante ressaltar que atenção se treina.

Controle inibitório

A segunda função executiva a ser destacada é o controle inibitório. O controle inibitório é capacidade de filtrar pensamentos antes de falar, de evitar distrações para manter o foco, pensar antes de agir, resistir a impulsos e tentações.

Direcionados por um objetivo maior, de longo prazo, podemos nos calar em uma determinada situação ou evitar reagir em uma outra. Nenhum de nós tem dúvida sobre o valor que tem a capacidade de se calar para evitar alguma situação desfavorável, não é? não é bom gritar gol quando você está assistindo ao jogo na casa do seu sogro e ele torce exatamente para o time que está perdendo. Também não é adequado perguntar ao seu chefe quem tomou aquela decisão ridícula quando existe algum risco de ter sido ele mesmo. não é conveniente falar para sua nova colega de trabalho que achou horrível a roupa que ela acabou de ganhar ou o novo corte de cabelo. Em todas essas situações, você precisa ser capaz de suprimir o comportamento que parecia mais óbvio naquele momento para trocar por um outro comportamento que é mais adequado quando pensamos nos ganhos futuros que podemos obter.

Vale ressaltar que o controle inibitório é quase nulo nas crianças pequenas, quantas histórias sabemos de pais que passaram vergonha porque os filhos disseram coisas inapropriadas que não gostaram do presente que acabaram de

ganhar da tia, que alguém está cheirando mal, que a pessoa que está passando tem um cabelo esquisito... Aos poucos, o controle inibitório vai se desenvolvendo, à medida que elas vão experimentando os prejuízos dos comportamentos impulsivos e passam a julgar e controlar mais adequadamente suas reações e comportamentos. No entanto, há pessoas que, mesmo na idade adulta, não têm um bom controle inibitório e, muitas vezes, têm problemas nos relacionamentos, pessoais ou profissionais, por conta da falta dessa importante habilidade.

Regulação emocional

Regulação emocional refere-se à capacidade de controlar nossas emoções, Isso inclui reconhecer e gerenciar suas emoções, ter autoconfiança e autocontrole, controlar a impulsividade, o nervosismo, a agressividade, a euforia excessiva, saber identificar o quanto seu estado emocional pode interferir nas suas tomadas de decisão, na realização de tarefas e no seu comportamento. A autorregulação também ajuda conviver melhor com as pessoas, ouvir verdadeiramente, se posicionar e se comunicar melhor, que são habilidades fundamentais para o trabalho e para a vida.

A regulação emocional só é possível porque, quando uma reação emocional se manifesta em resposta a algum evento, é uma função do córtex verificar se aquela emoção provocada tem real sentido de ser, Essa avaliação ponderada sobre nossas emoções também pode ser desenvolvida e aprendida, principalmente se regularmos nossa respiração inspirando e expirando calmamente e se controlarmos o fluxo de nossos pensamentos. Já se deixarmos nossa respiração ficar ofegante e dermos corda para os pensamentos emocionalmente relevantes, deixando que tomem conta, estamos trabalhando contra uma possibilidade de controlarmos nossas emoções. A autorregulação emocional nos dá a capacidade de refletirmos sobre a validade e importância da emoção como um evento que ajuda a compreender o mundo, os perigos, as oportunidades, mas que, depois dessa rápida análise, não terá mais serventia, afinal ter uma emoção que nos desequilibra ou nos faz perder o controle, não é interessante, Faz parte do controle emocional, por exemplo, ser capaz de lidar com uma situação limite como um assalto sem gritar, sem agredir o ladrão ou tentar fugir ou conseguir dosar as emoções em uma apresentação em público ou discussão.

Essas três primeiras funções apresentadas são muito dependentes do desenvolvimento de uma boa conectividade entre sistema límbico e o córtex pré-frontal (especialmente a parte dele próxima ao sistema límbico). O

desenvolvimento dessas funções depende muito dessa capacidade de usar nossas emoções como orientação para resultados. À medida que as desenvolvemos, somos capazes de orientar nosso comportamento cada vez mais para ganhos futuros.

Mas também temos outras funções executivas que irão nos auxiliar no raciocínio, na leitura de mundo e no planejamento de ações.

Memória operacional

Essa é uma das funções executivas que têm ocupado cada vez mais uma posição de destaque, dada a comprovação de sua importância. Muitos resultados obtidos em experimentações neuropsicológicas demonstraram que essa função executiva pode estar fortemente correlacionada com nossa inteligência. É chamada de memória de trabalho ou memória operacional.

A memória operacional, que é a capacidade de manter e gerenciar informações em nossas mentes durante curtos períodos de tempo, o que nos permite, por exemplo, lembrar um número de telefone a tempo de discá-lo, recordar o início do texto do parágrafo quando estamos no final dele, fazer um problema de matemática com várias etapas, revezar em atividades de grupo, retomar o exercício depois de ter ido tomar o lanche ou de responder uma pergunta a alguém. A memória de trabalho é, portanto, a capacidade que temos de mantermos ativados simultaneamente diferentes circuitos responsáveis por informações diferentes.

A execução dessa função depende fortemente de áreas do córtex pré-frontal que estão localizadas mais próximas da testa, diferentemente daquelas anteriores que estão mais próximas do sistema límbico.

Para demonstrar o funcionamento da memória operacional, vamos fazer um teste. Vou listar 15 palavras, leia-as apenas uma vez. Feche o livro e anote o maior número de palavras de que conseguir se recordar. Depois, abra o livro e confira quantas palavras você acertou. Ou se preferir, você pode dizer as palavras de que se recorda e ir contando cada uma delas com os dedos.

Vamos às palavras: tambor, cortina, sino, café, escola, pai, lua, jardim, chapéu, fazendeiro, nariz, peru, cor, casa, rio.

Agora é a sua vez!

Se você executou o teste com atenção, deve ter conseguido repetir de 6 a 8

palavras. Caso tenha recuperado mais palavras, isso significa que você tem uma ótima memória operacional. Para executar essa tarefa, seu córtex pré-frontal precisou manter ativado ao mesmo tempo os diferentes circuitos responsáveis

por cada uma dessas palavras.

Em uma próxima tentativa com as mesmas palavras, você irá conseguir recuperar mais palavras, mas a razão disso não é um aumento na sua memória operacional. Na segunda tentativa, as palavras das quais você conseguiu se lembrar na primeira já estarão armazenadas fracamente na sua memória de curto prazo, que conta com a ajuda dos circuitos do hipocampo para fazer esse papel.

Nesse caso, sua memória de trabalho estará livre para manter outras palavras ativadas. O resultado é que você já conseguirá repetir umas dez palavras.

A correlação direta que podemos fazer entre esse desafio e o que acontece em nossa vida cotidiana é que quanto mais conhecimento acumulamos, mais liberamos nossa memória operacional para que ela amplie nossa capacidade cognitiva.

Pense em uma criança ouvindo uma longa frase, cheia de palavras que ela quase nunca ouviu. Ela vai precisar esgotar sua memória operacional para manter todas aquelas palavras ativadas juntas para entender a frase. Mas um adulto já considera várias daquelas palavras como se fossem uma coisa só e ocupa uma menor capacidade de memória operacional para isso. Resultado: um adulto consegue compreender frases complexas mais facilmente.

Veja um exemplo para ficar mais claro, como a frase: "Seja o que Deus quiser, aconteça o que acontecer, permaneçam juntos".

Uma criança pode estar ouvindo pela primeira vez a expressão "Seja o que Deus quiser e ficará presa na atividade simultânea dessas palavras para poder compreender o significado delas faladas nessa ordem e contexto. Quando compreender, já terá perdido o tempo certo para ouvir o resto da frase, aconteça o que acontecer E, se ela conseguir ouvir essa segunda parte, perderá a primeira e a terceira, perdendo completamente o sentido da oração. Já um adulto terá apenas três informações para guardar porque "seja o que deus quiser" tem um significado fechado para ele, aconteça o que acontecer tem outro e permaneçam juntos, um terceiro.

A diferença de compreensão de uma criança para um adolescente, e assim por diante, estará ligada mais direta mente aos conhecimentos e experiências prévios somados à capacidade de memória operacional.

A memória operacional também pode ser melhorada, Isso acontece por causa do uso constante e desafiador que faz com que a necessidade dela vá aumentando à

medida que a complexidade dos desafios na vida e na educação formal se acentuam. Faz parte do conjunto de informações preciosas que a neurociência tem para colaborar com o nosso desenvolvimento a descoberta de que podemos exercitar a nossa memória operacional através de exercícios específicos. Treinar a memória operacional não só melhora a própria memória

operacional como provoca incrementos na capacidade de raciocinar e encontrar soluções alternativas para determinadas circunstâncias.

Mais três funções

Cabe ainda destacar mais três funções cognitivas importantes, embora haja outras tantas. A primeira seria a metacognição, função que nos permite compreender como dirigimos nossos pensamentos e nos dá a possibilidade de analisar se a forma como estamos pensando é aquela que traz melhores resultados. Envolve ainda a habilidade de dar um passo para trás e analisar sua posição numa dada situação, a habilidade de se auto monitorar, autoavaliar e refletir. Pensar em como pensamos não é algo tão comum, mas os resultados que podemos obter ao treinarmos essa capacidade são bastante significativos.

A segunda é a flexibilidade cognitiva, que é nossa capacidade de alterar a rota, de nos ajustar de acordo com novas exigências e perspectivas, rever planos diante de obstáculos, desafios, novas informações ou erros, é o que nos permite utilizar regras diferentes para contextos distintos, que nos permite buscar novos caminhos para resolução de problemas. Se relaciona estreitamente com a capacidade de adaptação a mudanças.

E a terceira, o planejamento. A capacidade de planejamento envolve nossa noção de tempo necessário para cada tarefa, noções de urgência e priorização, ainda capacidade de colocarmos em prática esse planejamento e concluir uma tarefa.

Erguendo a torre de controle

Como dissemos anteriormente, não nascemos com as habilidades que nos permitem manter o foco, controlar os impulsos, fazer planos, tomar decisões, corrigir a rota, ter flexibilidade cognitiva. As nossas funções executivas não são um dispositivo com o qual “viemos de fábrica”, transferido pronto pelo DNA.

De jeito algum! No entanto, temos amplo potencial para desenvolvê-las, e é preciso ficar claro que isso não depende necessariamente de idade. As funções

executivas não amadurecem simplesmente pelo número de aniversários que fazemos, mas pelo estímulo.

O mais surpreendente, maravilhoso, sensacional é que as funções executivas podem ser desenvolvidas pelo treino. É preciso construir essa torre de controle tijolo por tijolo, da infância à vida adulta e, inclusive, continuar treinando e desenvolvendo nas idades mais avançadas. Nesse contexto, é importante enfatizar que o estímulo das funções executivas por meio da educação formal pode ser ainda mais frutífero, justamente porque esta proporciona uma frequência de treino, consistência e planejamento de ações progressivas.

As funções executivas são realmente o ticket para a área vip entre os seres vivos, mas, mais do que isso, são o ticket que nos dá a potência de um voo livre, a capacidade de atingirmos nosso máximo potencial nos tornando indivíduos plenos, autoconscientes, aptos a aprender sempre, a mudar quando necessário e capazes de comandar a própria vida. Mas, tudo isso, desde que haja treino para que essa torre de controle seja construída de forma consistente e se mantenha em seu melhor estado!

As funções executivas fazem toda a diferença no comportamento humano.

Percebeu por que essa é uma viagem sem volta?

Capítulo 10

Pontos altos da jornada: para não esquecer

Aperte os cintos, porque em poucas páginas estaremos finalizando nossa extraordinária viagem pelo cérebro humano. Com certeza, você está aterrissando em um novo patamar de conhecimento sobre o sistema nervoso e, mais do que isso, sobre si mesmo.

Poderia apostar que a massa esbranquiçada que você leva dentro da cabeça ganhou muito mais glamour e importância agora que chegou ao final da jornada.

Bem longe de ser um pote inútil de geleia como já foi visto anti gani ente, hoje podemos perceber o quão extraordinário é o cérebro humano.

Em nossa trajetória, passamos pela história da neurociência. desde que o cérebro

era visto como algo a ser descartado na mumificação enquanto o coração como a sede do saber e da inteligência: seguimos pela disputa entre cardiocentristas e encefalocentristas, pela descoberta do sistema nervoso e do neurônio até atingirmos os primórdios da neurociência propriamente dita, a revolução das neuroimagens e a utilização da neurociência na inteligência artificial.

Também fizemos uma visita ao sistema nervoso e vimos que sua função mais básica é gerenciar o movimento. Além disso, que se subdivide em sistema nervoso central e sistema nervoso periférico, sendo que o primeiro inclui a medula e o encéfalo e o segundo, os nervos. Aprendemos que o que comumente chamamos de cérebro, na verdade denomina-se encéfalo e subdivide-se em tronco encefálico, cerebelo e o cérebro (propriamente dito).

Passamos pela atração principal da viagem, o neurônio, descobrimos que existem vários tipos deles com constituições diferentes e que alguns são quase do tamanho dos seus Odonos, Vimos ainda que os neurônios se subdividem em corpo celular (onde se encontra o núcleo da célula e o citoplasma), dendritos (pequena arborização por onde eles recebem informações) e o axônio, a mais longa ramificação, que conduz a informação até o terminal axonal, onde esse neurônio se comunica com outros por meio de sinapses.

Vimos também que nem só de neurônios vive o sistema nervoso, mas que existem as células da glia astrócitos, oligodendrócitos e microglias que auxiliam os neurônios nutrindo-os, produzindo a bainha de mielina (que aumenta a velocidade de transmissão dos axônios) e defendendo-os de microrganismos.

Fizemos também uma paradinha para descobrir que não utilizamos só 10% do nosso cérebro e de onde vem esse mito: um desvirtuação dos primeiros estudos das células da glia.

Entramos na rota da sensibilidade e conhecemos o sistema sensorial, os distintos receptores sensoriais - mecanorreceptores, quimiorreceptores, termorreceptores, nociceptores, fotorreceptores que captam a energia do ambiente externo e interno e a convertem em energia elétrica, a única que é lida pelo sistema nervoso e transportada pelas vias aferentes (protopáticas ou epicríticas), que são as estradas de ida para o sistema nervoso central.

Conhecemos também o sistema motor e suas vias eferentes, que são as estradas de volta do sistema nervoso central para os músculos, glândulas ou órgãos e que

estimulam a ação. Falamos sobre os neurônios motores inferiores, que liberam acetilcolina e movimentam os músculos; e sobre os neurônios motores superiores, que saem do córtex para ativar os inferiores e interneurônios, influenciando sua atividade. Distinguimos a atividade intencional (que tem a intenção, mas se faz automaticamente, sem consciência} da consciente (monitorada pela consciência) e vimos que podemos dividir o comportamento motor em 3 tipos: movimentos reflexos (estereotipados, com controle medular), movimentos voluntários (conscientes e inconscientes) e movimentos rítmicos (que intercalam ação voluntária, e reflexa).

Fizemos uma excursão pelos níveis de processamento neural, do nível mais simples ao mais complexo, começando pela medula (com os movimentos reflexos), passando pelas estruturas do tronco encefálico (que controlam pressão arterial, batimentos cardíacos, respiração, etc), pela formação reticular (que interfere no sono e vigília e cria pano de fundo para processamentos superiores), pelo hipotálamo (que regula hormônios e temperatura corporal), pelo tálamo (que distribui quase todas as informações sensoriais), pelo cerebelo (que coordena e temporiza movimentos e postura) até chegar aos processamentos mais complexos dos núcleos da base e córtex cerebral, que levam em consideração múltiplos sinais e variáveis, são capazes de planejar, comparar informações, prever.

Passamos pelo circuito límbico ou emocional, responsável por nossas emoções, que perpetua nossas memórias e ajuda a antecipar respostas comportamentais adaptativas. Vimos as reações viscerais que ele provoca (como coração acelerado, frio na barriga, pupila dilatada, direcionamento de glicose para os músculos para que se ponham em luta ou fuga) e o não utilizamos só 10% do nosso cérebro e de onde vem esse mito: um desvirtuação dos primeiros estudos das células da glia.

Entramos na rota da sensibilidade e conhecemos o sistema sensorial os distintos receptores sensoriais - mecanorreceptores, quimiorreceptores, termorreceptores, nociceptores, fotorreceptores que captam a energia do ambiente externo e interno e a convertem em energia elétrica, a única que é lida

pelo sistema nervoso e transportada pelas vias aferentes (protopáticas ou epicríticas). que são as estradas de ida para o sistema nervoso central.

Conhecemos também o sistema motor e suas vias eferentes, que são as estradas

de volta do sistema nervoso central para os músculos, glândulas ou órgãos e que estimulam a ação. Falamos sobre os neurônios motores inferiores, que liberam acetilcolina e movimentam os músculos; e sobre os neurônios motores superiores, que saem do córtex para ativar os inferiores e interneurônios, influenciando sua atividade. Distinguimos a atividade intencional (que tem a intenção, mas se faz automaticamente, sem consciência} da consciente (monitorada pela consciência) e vimos que podemos dividir o comportamento motor em 3 tipos: movimentos reflexos (estereotipados, com controle medular), movimentos voluntários (conscientes e inconscientes) e movimentos rítmicos (que intercalam ação voluntária, e reflexa).

Fizemos uma excursão pelos níveis de processamento neural, do nível mais simples ao mais complexo, começando pela medula (com os movimentos reflexos), passando pelas estruturas do tronco encefálico (que controlam pressão arterial, batimentos cardíacos, respiração, etc), pela formação reticular (que interfere no sono e vigília e cria pano de fundo para processamentos superiores), pelo hipotálamo (que regula hormônios e temperatura corporal), pelo tálamo (que distribui quase todas as informações sensoriais), pelo cerebelo (que coordena e temporiza movimentos e postura) até chegar aos processamentos mais complexos dos núcleos da base e córtex cerebral, que levam em consideração múltiplos sinais e variáveis, são capazes de planejar, comparar informações, prever.

Passamos pelo circuito límbico ou emocional, responsável por nossas emoções, que perpetua nossas memórias e ajuda a antecipar respostas com portas mentais adaptativas. Vimos as reações viscerais que ele provoca (como coração acelerado, frio na barriga, pupila dilatada, direcionamento de glicose para os músculos para que se ponham em luta ou fuga) e o quanto se relaciona com tudo o que fazemos de forma automática, sem pensar.

No roteiro VIP destacamos o córtex cerebral humano e o quanto ele se distingue em giros e sulcos dos cérebros de outros animais. Destacamos a divisão do córtex nos lobos: parietal (recepção e processamento sensorial), temporal (memória, emoção, linguagem), occipital (visão) e frontal (processamento motor, planejamento, regulação emocional). Abordamos ainda as áreas primárias (que recebem a informação sensorial), as secundárias (que conectam sinais de uma mesma modalidade) e as terciárias (que juntam modalidades distintas). Entre as áreas terciárias, enfatizamos a importância da área parieto-occipito-temporal esquerda (responsável pela linguagem) e o córtex

pré-frontal, também conhecido como córtex executivo, que é o maestro das funções cerebrais.

Falamos sobre o mito da dominância de um dos hemisférios cerebrais sobre o outro e de que seriam um racional e outro emocional. Mas destacamos que, em algumas áreas, ambos os hemisférios têm a mesma função e, em outras, se especializaram, sendo que a pesquisa de Goldberg, que diz que um hemisfério se relaciona mais ao novo (direito) e o outro ao conhecido (esquerdo).

Passeamos pelos circuitos cerebrais automatizados, como eles se formam e como promovem respostas-padrão de comportamento durante a maior parte do nosso tempo, sendo que em poucos momentos solicitamos a consciência quando o automático não está dando conta. Durante o monitoramento da consciência, é necessária a atuação do córtex pré-frontal, que também é responsável pelas funções executivas do cérebro, as mais evoluídas, que envolvem atenção, controle inibitório, memória operacional, metacognição, flexibilidade cognitiva,, planejamento, entre outros.

Por fim. após tudo que aprendemos sobre o cérebro, vimos que ele é plástico e pode aprender e se transformar sempre. Além disso, cabe ressaltar que as funções executivas também são aprimoradas com a prática, isso porque os circuitos responsáveis se fortalecem e se tornam predominantes. Se praticarmos permanecer mais tempo focados em atividades, não apresentaremos dificuldades em focar. Se treinarmos o controle Inibitório, nos controlaremos melhor, Se treinarmos a memória operacional, ela melhora. Se treinarmos planejar e colocar em prática um planejamento, também seremos progressivamente melhores nesse quesito. E assim por diante. Essa é uma maneira de potencializar o planejamento, entre outros.

Por fim. após tudo que aprendemos sobre o cérebro, vimos que ele é plástico e pode aprender e se transformar sempre, Além disso, cabe ressaltar que as funções executivas também são aprimoradas com a prática, isso porque os circuitos responsáveis se fortalecem e se tornam predominantes. Se praticarmos permanecer mais tempo focados em atividades, não apresentaremos dificuldades em focar. Se treinarmos o controle inibitório, nos controlaremos melhor. Se treinarmos a memória operacional, ela melhora. Se treinarmos planejar e colocar em prática um planejamento, também seremos progressivamente melhores nesse quesito. E assim por diante. Essa é uma maneira de potencializar o funcionamento do nosso já extraordinário cérebro.

No entanto, é preciso atentar para o fato do quão importante é termos uma vida balanceada, alimentação saudável, exercícios, controle do estresse. Para o bom funcionamento do cérebro e do sistema nervoso, assim como das funções executivas, é fundamental que tenhamos qualidade de vida. É comum fazermos

nosso sistema executivo central trabalhar apenas focado nas funções que a sociedade entende serem produtivas, buscando o maior rendimento, agilidade mental, etc. Porém, para nossa saúde mental é imprescindível que nosso sistema executivo esteja tão preocupado em planejar adequadamente as férias e o descanso quanto fica preocupado com a execução de projetos de trabalho.

E, agora que já apertaram os cintos... Atenção à dica, senhores passageiros dessa extraordinária viagem: utilizem bem os seus tickets da área VIP entre os seres vivos!

Table of Contents

1. [Capa](#)
2. [Introdução - Uma viagem ao cérebro: por que essa jornada vale a pena?](#)
3. [Cap. 1 - O ponto de partida: a descoberta do cérebro e a escalada da neurociência.](#)
 1. [Mas nem sempre o cérebro foi visto dessa maneira](#)
 2. [O cérebro fora do roteiro](#)
 3. [Coração versus cérebro na escalada da mente](#)
 4. [A descoberta \(e a encoberta\) do sistema nervoso](#)
 5. [Novo mapa do universo e do corpo](#)
 6. [A encruzilhada mente e cérebro](#)
 7. [Onde é que fica o quê?](#)
 8. [A mente ganha espaço](#)
 9. [Neurônio à vista](#)

10. [Caminhos inesperados da ciência](#)
11. [Mapeando o cérebro dos vivos](#)
12. [Lobotomia: retirando do mapa uma parte do cérebro](#)
13. [Para falar sobre neurociência](#)
14. [A revolução neurocientífica](#)
4. [Cap. 2 - Primeira Parada: o Sistema Nervoso](#)
 1. [Evolução do sistema nervoso](#)
 2. [Como se forma o sistema nervoso humano](#)
 3. [Desenvolvimento do sistema nervoso](#)
 4. [A "malha rodoviária" do sistema nervoso](#)
 5. [O mapa da mina: localizando o sistema nervoso](#)
 6. [As partes do Sistema Nervoso Central](#)
 7. [As Meninges e os Ventrículos](#)
5. [Cap. 3 - A atração principal da viagem: o neurônio](#)
 1. [Tipos de neurônios](#)
 2. [Neurônios, mas não só: glia](#)
 3. [Neurônios em ação](#)
 4. [O potencial de ação](#)
 5. [A sinapse](#)
 6. [Neurotransmissores](#)
 7. [Saiba mais: A comunicação química](#)

6. [Cap. 4 - O mapa da viagem: compreendendo os níveis de processamento neural](#)

1. [Processamentos na medula](#)
2. [Processamentos no tronco encefálico](#)
3. [Processamentos no diencéfalo](#)
4. [Processamento cerebelar](#)
5. [Processamentos no córtex e núcleos da base](#)

7. [Cap. 5 - A rota da sensibilidade: o sistema sensorial e a interação com o ambiente](#)

1. [Sensação e ação](#)
2. [Os receptores sensoriais](#)
3. [Somestesia \(e mais do que 5 sentidos\)](#)
4. [Testando a sensibilidade](#)
5. [Sensibilidade epicrítica e protopática](#)
6. [Propriocepção: o mapa do corpo](#)
7. [As vias da informação sensorial](#)
8. [O caminho da informação protopática e epicrítica](#)
9. [Os sentidos especiais](#)
10. [A gustação](#)
11. [Olfato](#)
12. [Audição](#)
13. [Equilíbrio](#)

14. [Visão](#)

15. [Processamentos sensoriais de alto nível: do tálamo ao córtex](#)

8. [Cap. 6 - Partiu para a ação: o sistema motor e sua relação com o comportamento](#)

1. [Músculos em movimento](#)

2. [A intenção e a consciência](#)

3. [Tipos de movimento](#)

4. [Organização hierárquica do sistema motor](#)

5. [Processamento sensorial e resposta motora](#)

6. [As “autoestradas” motoras](#)

7. [Cerebelo e núcleos da base](#)

9. [Cap. 7 - A emoção é o destino: o funcionamento do sistema límbico](#)

1. [Emoção e sentimento](#)

2. [Adaptação ao ambiente](#)

3. [Processamentos automáticos](#)

4. [O circuito das emoções](#)

5. [O sistema límbico](#)

6. [A influência da emoção](#)

10. [Cap. 8 - Roteiro vip: o córtex cerebral humano e suas funções exclusivas](#)

1. [O que nos diferencia?](#)

2. [O cérebro humano](#)

3. [Uma visita aos dois hemisférios](#)
4. [A comunicação entre hemisférios](#)
5. [O hemisfério do novo e o hemisfério do conhecido](#)
11. [Cap. 9 - A surpreendente viagem sem volta: dos circuitos cerebrais às funções executivas](#)
 1. [Os circuitos e o automatismo](#)
 2. [A torre de controle: o córtex pré-frontal e as funções executivas](#)
 3. [A atenção](#)
 4. [Controle inibitório](#)
 5. [Regulação emocional](#)
 6. [Memória operacional](#)
 7. [Mais três funções](#)
 8. [Erguendo a torre de controle](#)
12. [Cap. 10 - Pontos altos da jornada: para não esquecer](#)

Table of Contents

Capa

Introdução - Uma viagem ao cérebro: por que essa jornada vale a pena?

Cap. 1 - O ponto de partida: a descoberta do cérebro e a escalada da neurociência.

[Mas nem sempre o cérebro foi visto dessa maneira](#)

[O cérebro fora do roteiro](#)

[Coração versus cérebro na escalada da mente](#)

[A descoberta \(e a encoberta\) do sistema nervoso](#)

[Novo mapa do universo e do corpo](#)

[A encruzilhada mente e cérebro](#)

[Onde é que fica o quê?](#)

[A mente ganha espaço](#)

[Neurônio à vista](#)

[Caminhos inesperados da ciência](#)

[Mapeando o cérebro dos vivos](#)

[Lobotomia: retirando do mapa uma parte do cérebro](#)

[Para falar sobre neurociência](#)

[A revolução neurocientífica](#)

Cap. 2 - Primeira Parada: o Sistema Nervoso

[Evolução do sistema nervoso](#)

[Como se forma o sistema nervoso humano](#)

[Desenvolvimento do sistema nervoso](#)

[A "malha rodoviária" do sistema nervoso](#)

[O mapa da mina: localizando o sistema nervoso](#)

[As partes do Sistema Nervoso Central](#)

[As Meninges e os Ventrículos](#)

Cap. 3 - A atração principal da viagem: o neurônio

[Tipos de neurônios](#)

[Neurônios, mas não só: glia](#)

[Neurônios em ação](#)

[O potencial de ação](#)

[A sinapse](#)

[Neurotransmissores](#)

[Saiba mais: A comunicação química](#)

Cap. 4 - O mapa da viagem: compreendendo os níveis de processamento neural

[Processamentos na medula](#)

[Processamentos no tronco encefálico](#)

[Processamentos no diencéfalo](#)

[Processamento cerebelar](#)

[Processamentos no córtex e núcleos da base](#)

Cap. 5 - A rota da sensibilidade: o sistema sensorial e a interação com o ambiente

[Sensação e ação](#)

[Os receptores sensoriais](#)

[Somestesia \(e mais do que 5 sentidos\)](#)

[Testando a sensibilidade](#)

[Sensibilidade epicrítica e protopática](#)

[Propriocepção: o mapa do corpo](#)

[As vias da informação sensorial](#)

[O caminho da informação protopática e epicrítica](#)

[Os sentidos especiais](#)

[A gustação](#)

[Olfato](#)

[Audição](#)

[Equilíbrio](#)

[Visão](#)

[Processamentos sensoriais de alto nível: do tálamo ao córtex](#)

Cap. 6 - Partiu para a ação: o sistema motor e sua relação com o comportamento

[Músculos em movimento](#)

[A intenção e a consciência](#)

[Tipos de movimento](#)

[Organização hierárquica do sistema motor](#)

[Processamento sensorial e resposta motora](#)

[As “autoestradas” motoras](#)

[Cerebelo e núcleos da base](#)

Cap. 7 - A emoção é o destino: o funcionamento do sistema límbico

[Emoção e sentimento](#)

[Adaptação ao ambiente](#)

[Processamentos automáticos](#)

[O circuito das emoções](#)

[O sistema límbico](#)

[A influência da emoção](#)

Cap. 8 - Roteiro vip: o córtex cerebral humano e suas funções exclusivas

[O que nos diferencia?](#)

[O cérebro humano](#)

[Uma visita aos dois hemisférios](#)

[A comunicação entre hemisférios](#)

[O hemisfério do novo e o hemisfério do conhecido](#)

Cap. 9 - A surpreendente viagem sem volta: dos circuitos cerebrais às funções executivas

[Os circuitos e o automatismo](#)

[A torre de controle: o córtex pré-frontal e as funções executivas](#)

[A atenção](#)

[Controle inibitório](#)

[Regulação emocional](#)

[Memória operacional](#)

[Mais três funções](#)

[Erguendo a torre de controle](#)

Cap. 10 - Pontos altos da jornada: para não esquecer

Document Outline

- [Capa](#)
- [Introdução - Uma viagem ao cérebro: por que essa jornada vale a pena?](#)
- [Cap. 1 - O ponto de partida: a descoberta do cérebro e a escalada da neurociência.](#)
 - [Mas nem sempre o cérebro foi visto dessa maneira](#)
 - [O cérebro fora do roteiro](#)
 - [Coração versus cérebro na escalada da mente](#)
 - [A descoberta \(e a encoberta\) do sistema nervoso](#)
 - [Novo mapa do universo e do corpo](#)
 - [A encruzilhada mente e cérebro](#)
 - [Onde é que fica o quê?](#)
 - [A mente ganha espaço](#)
 - [Neurônio à vista](#)
 - [Caminhos inesperados da ciência](#)
 - [Mapeando o cérebro dos vivos](#)
 - [Lobotomia: retirando do mapa uma parte do cérebro](#)
 - [Para falar sobre neurociência](#)
 - [A revolução neurocientífica](#)
- [Cap. 2 - Primeira Parada: o Sistema Nervoso](#)
 - [Evolução do sistema nervoso](#)
 - [Como se forma o sistema nervoso humano](#)
 - [Desenvolvimento do sistema nervoso](#)
 - [A "malha rodoviária" do sistema nervoso](#)
 - [O mapa da mina: localizando o sistema nervoso](#)
 - [As partes do Sistema Nervoso Central](#)
 - [As Meninges e os Ventrículos](#)
- [Cap. 3 - A atração principal da viagem: o neurônio](#)
 - [Tipos de neurônios](#)
 - [Neurônios, mas não só: glia](#)
 - [Neurônios em ação](#)
 - [O potencial de ação](#)
 - [A sinapse](#)
 - [Neurotransmissores](#)
 - [Saiba mais: A comunicação química](#)

- [Cap. 4 - O mapa da viagem: compreendendo os níveis de processamento neural](#)
 - [Processamentos na medula](#)
 - [Processamentos no tronco encefálico](#)
 - [Processamentos no diencéfalo](#)
 - [Processamento cerebelar](#)
 - [Processamentos no córtex e núcleos da base](#)
- [Cap. 5 - A rota da sensibilidade: o sistema sensorial e a interação com o ambiente](#)
 - [Sensação e ação](#)
 - [Os receptores sensoriais](#)
 - [Somestesia \(e mais do que 5 sentidos\)](#)
 - [Testando a sensibilidade](#)
 - [Sensibilidade epicrítica e protopática](#)
 - [Propriocepção: o mapa do corpo](#)
 - [As vias da informação sensorial](#)
 - [O caminho da informação protopática e epicrítica](#)
 - [Os sentidos especiais](#)
 - [A gustação](#)
 - [Olfato](#)
 - [Audição](#)
 - [Equilíbrio](#)
 - [Visão](#)
 - [Processamentos sensoriais de alto nível: do tálamo ao córtex](#)
- [Cap. 6 - Partiu para a ação: o sistema motor e sua relação com o comportamento](#)
 - [Músculos em movimento](#)
 - [A intenção e a consciência](#)
 - [Tipos de movimento](#)
 - [Organização hierárquica do sistema motor](#)
 - [Processamento sensorial e resposta motora](#)
 - [As “autoestradas” motoras](#)
 - [Cerebelo e núcleos da base](#)
- [Cap. 7 - A emoção é o destino: o funcionamento do sistema límbico](#)
 - [Emoção e sentimento](#)
 - [Adaptação ao ambiente](#)
 - [Processamentos automáticos](#)
 - [O circuito das emoções](#)
 - [O sistema límbico](#)

- [A influência da emoção](#)
- [Cap. 8 - Roteiro vip: o córtex cerebral humano e suas funções exclusivas](#)
 - [O que nos diferencia?](#)
 - [O cérebro humano](#)
 - [Uma visita aos dois hemisférios](#)
 - [A comunicação entre hemisférios](#)
 - [O hemisfério do novo e o hemisfério do conhecido](#)
- [Cap. 9 - A surpreendente viagem sem volta: dos circuitos cerebrais às funções executivas](#)
 - [Os circuitos e o automatismo](#)
 - [A torre de controle: o córtex pré-frontal e as funções executivas](#)
 - [A atenção](#)
 - [Controle inibitório](#)
 - [Regulação emocional](#)
 - [Memória operacional](#)
 - [Mais três funções](#)
 - [Erguendo a torre de controle](#)
- [Cap. 10 - Pontos altos da jornada: para não esquecer](#)