

Fala pessoal, sejam todos muito bem-vindos mais uma vez à aula do capítulo 3 do livro Neurociências, Desvendando o Sistema Nervoso, do PER. Então a gente vai iniciar agora a aula do capítulo 3. Essas aulas aqui eu sugiro que você assista elas em sequência, porque faz mais sentido, diferente dos vídeos do RD, de uma maneira geral que não há necessidade de assistir em sequência, tá? Mas essa aula aqui é importante assistir em sequência, afinal de contas, o capítulo anterior, ele precede, o raciocínio, ele é necessário para entender o capítulo que vem a seguir. Então, vamos começar a aula do capítulo 3. Esse capítulo se chama A Membrana Neuronal em Repouso, sendo que nesse capítulo aqui a gente vai principalmente entender a estrutura de uma membrana celular. Afinal de contas, vale lembrar, você assistiu os outros vídeos, claro, você já sabe, mas vale lembrar que a célula, o neurônio, é uma célula e, portanto, ele tem uma membrana. Essa membrana celular tem uma função extremamente importante que a gente vai ver na aula de hoje, extremamente importante, extremamente importante, a gente vai ver na aula de hoje. Eu gostaria apenas de fazer um lembrete aqui pra vocês, que muitas vezes você vai ver um livro de neurociências cara, porque tem que estudar isso, íons, membrana, etc, etc, estrutura proteica, canais, bombas, bombas iônicas.

Na realidade, pessoal, isso aqui é neurociências, tá? Isso aqui é neurociências hardcore, isso aqui é neurociências que caem em prova de processo seletivo, de mestrado e doutorado para neurociências. Isso daqui é os fundamentos de uma neurociências que você enxergar por aí, específico de neurociências como esse daqui do Bera, você vai perceber que antes de falar de memória, motivação, movimento motor, dor, ouvido, processamentos de informação de córtex parafrontal, como por exemplo atenção, funções executivas, etc. Antes de qualquer coisa, os livros apresentam nos capítulos iniciais esses raciocínios aqui. Por quê? Porque isso daqui é o funcionamento de um neurônio. E um grupo de neurônios funcionando juntos é o que dá o surgimento de um determinado conceito que a gente estude, e seja lá um controle inibitório usando o córtex prefrontal que culmina na redução de uma ansiedade, seja a capacidade de entender o conteúdo, seja a sua maior motivação por uso de drogas, seja a sua motivação para fazer exercício físico, seja a sua motivação para comer, seja a sua motivação para sexo, seja a sua ansiedade, qualquer alteração funcional no comportamento de um sujeito deriva da atividade de células do cérebro desse sujeito que, portanto, derivam da atividade de neurônios que são as células do cérebro de um sujeito.

Então, o que a gente está fazendo aqui é entender estruturas envolvidas com a formação de um comportamento a nível micro-anatômico. Só depois a gente acaba indo para funcionamentos de estrutura de uma maneira geral. No entanto, inicialmente é importante entender o funcionamento de micro estruturas, que nesse caso aqui seriam os neurônios. É por isso que a gente estuda isso. Afinal de contas não adianta nada você ir lá no capítulo de memória, você ir lá no capítulo de sexualidade, você ir lá no capítulo de motivação, você ir lá no capítulo de controle executivo, atenção, problema da atenção, o pessoal desatenta, a gente vai estudar mecanismos atencionais. Só que a atenção é produto da atividade neuronal. Então lá no capítulo de atenção eu vou falar alguma coisa, ah, isso aqui vai abrir um canal, não sei o quê.

Você vai pensar, pô, que canal é esse que esse cara tá falando? O que é um canal? O que faz? O que muda a abertura de um canal na membrana de um neurônio? Pois é, esse capítulo aqui explica isso. Esse é o próximo capítulo. Então, se você não estiver familiarizado com esses tipos de conceito, talvez você não consiga entender os futuros capítulos. Por isso que eu estou explicando tudo isso aqui pra você. Porque eu tenho certeza que algumas pessoas aí vão pensar Putz, isso aí não é neurociência, o cara tá ensinando biologia, sei lá o que. Pois é, neurociência é biologia. Psicologia é biologia.

Embora tenha ensinado você errado na faculdade. Então, nesse capítulo aqui a gente vai ver íons, tá? Vocês vão ver íons e vocês vão ver estruturas como por exemplo canais, canais proteicos, canais iônicos e bombas iônicas. Eu quero chamar a atenção para vocês para uma proposta que eu vou fazer. Eu vou dar essa aula aqui, esse vídeo provavelmente fica um pouquinho mais longo, eu acho. Eu vou dar essa aula aqui do jeito como está no livro e depois eu vou dar no quadro. Então vou mudar aqui a tela do meu iPad e vou fazer essa aula no quadro como eu dou para graduação, como eu dava aula para graduação na época. Ou seja, eu vou te ensinar de acordo com o que está no livro, para você ir acompanhando o livro, mas depois eu vou dar essa aula no quadro também no finalzinho, para você entender como que eu estruturei esse raciocínio desse capítulo no quadro.

Por que eu vou fazer isso? Porque na minha singela opinião, na minha humilde opinião, esse capítulo é muito ruim. Ele foi... não vou falar isso, não sei que proporção vai tomar o RD depois. Ele foi um capítulo que poderia ter sido mais didático. Esse é um jeito agradável de falar o que eu penso sobre esse capítulo. Esse é o capítulo que vem depois, o capítulo de potencial de ação. Eles poderiam ser mais didáticos.

Então eu vou, inicialmente, seguir o roteiro aqui do livro, conforme o autor propôs, mas depois eu vou tomar liberdade de dar aula do meu jeito no finalzinho desse vídeo aqui. Tá bom? Então vamos lá. Introdução, eu não vou ler aqui, senão a gente vai ficar até amanhã. Mas, basicamente, por que é importante a gente entender a estrutura de uma... O que chama o nome desse... A membrana neuronal em repouso. O que significa membrana neuronal em repouso.

Bom, pessoal. O nosso cérebro é um grande... Ele é um grande processador de informações, então, normalmente, você tem uma entrada sensorial. Então, imagina que isso daqui seria o seu cérebro. Isso aqui é um cérebro, vamos dizer assim. Aqui você tem o córtex pré-frontal, só para você se localizar, e aqui na frente estariam seus olhos, por exemplo. Então, imagina assim, o seu cérebro é um grande processador de informações, então você tem estímulos que entram no seu cérebro, o seu cérebro faz um processamento desses estímulos e emite uma resposta efetora, seja uma resposta comportamental alterando o seu comportamento, seja uma resposta emocional que também vai alterar o seu comportamento.

Então o que o seu cérebro faz, ele recebe desde estímulos visuais, estímulos auditivos, estímulos que vêm da periferia como estímulos sensitivos, que é esse exemplo da figura aqui que eu vou mostrar pra vocês, ele processa essas informações aqui e emite uma resposta. Essa é a principal função do cérebro. Eu gostaria que vocês comessem a partir de agora a enxergar o cérebro de vocês como se fosse na realidade um amontoado de células neuronais que guardam informações de acordo com o passar da sua vida. Então você tem, cada vez que você vive algum período da sua vida, você tem um acúmulo de informações em regiões específicas do seu cérebro, esse acúmulo de informações vai fazer com que você interprete e responda ao mundo.

Então quando eu tenho uma entrada de alguma informação no seu cérebro, dado esse acúmulo de informações que você tem, você acaba respondendo comportamentalmente ou fisiologicamente a algum estímulo específico. Isso pode ser em vários níveis, pode ser, por exemplo, a nível comportamental, então uma pessoa deixa você com raiva e você tem uma modificação na atividade de algumas células específicas na sua amígdala, que é uma região que fica no meio do seu cérebro ali, e isso faz você ter uma resposta comportamental de agressividade, por exemplo. Ou pode ser em níveis mais sutis. Então, por exemplo, o seu cérebro, uma regiãozinha do seu cérebro chamada de hipotálamo, a gente vai ver isso lá nos capítulos lá pra frente, tá? O hipotálamo, ele identifica, por exemplo, uma queda na temperatura, ele vai lá e regula essa temperatura no seu corpo, fazendo, por exemplo, você tremer, então você começa a tremer para conseguir elevar um pouco o nível de temperatura devido ao movimento muscular.

Então, o seu cérebro é um grande processador, na realidade, ele processa informações em vários níveis, nível cognitivo, nível emocional e esse último nível aqui que é o mais primitivo, que a gente chama de nível autonômico. Então, por exemplo, se o hipotálamo detecta... Isso é bem massa, eu adoro essas partes. Se o hipotálamo detecta que você tem uma queda na concentração de sódio, por exemplo, no seu sangue, muitas vezes ele pode te dar fome, principalmente ele pode te dar apetite por sal. Então você vai ter vontade. Hoje a gente não sente apetite por sal, mas o apetite por sal é um estímulo neurofisiológico muito comum de ser estudado. Hoje não, porque qualquer coisa tem sódio, que a gente tome, beba, coma.

Então a gente dificilmente sente fome de sal. Mas tem pessoas que quando passam muito tempo sem comer, por acidente, alguma coisa que fique perdida, elas tendem a sentir muita vontade de comer sal. Recentemente eu fiz uma live com aquele cara que caiu na Amazônia, talvez ele esteja aqui no RD, ele ficou várias semanas perdido no meio da Amazônia sem comer e ele comentou que a primeira coisa que ele queria quando ele encontrou civilização era comer sal. Inclusive ele pegou um pote de sal e começou a comer sal. Porque o seu cérebro está mandando uma informação muito forte, porque ele detectou que caiu o nível de sódio, ele é circulante. E nessa aula de hoje vocês vão entender a importância disso. Então o seu cérebro é um grande processador de informações.

Vamos imaginar essa cena aqui. Você está andando pela rua e aí, de repente, você pisa numa taxinha. Então, seu pé pisou numa taxinha. Aqui no seu pé, exatamente aqui no seu pé, digamos que na pele do seu pé, você tem neurônios que detectam. Exatamente, você tem pedaços de neurônios ali que detectam essa ruptura na sua pele, então eles detectam uma abertura na sua pele. São neurônios que a gente chama de mecanossensíveis.

Vocês vão ver isso também, eu acho, no capítulo de somato sensorial, alguma coisa assim. Vocês vão ver que a gente tem diferentes tipos de neurônios que detectam diferentes tipos de estímulos. Esses neurônios seriam neurônios mecanossensíveis, então eles detectam uma deformação mecânica na sua pele e eles enviam esse sinal por um nervo, que a gente chama de nervo aferente. Então, esse nervo aferente vai mandar essas informações até a sua medula, até a sua medula espinhal vamos ver ela em maior aumento, você vê então a entrada dessa informação por um nervo específico, essa informação viaja até o centro da sua medula espinhal e nesse lugar aqui ela vai seguir dois destinos essa informação. Primeiro ela vai para o seu cérebro, então ela vai subir para o seu cérebro e vai tornar o processo de dor consciente. E ela também vai fazer uma sinapse, um contato. A gente vai ter uma aula sobre sinapses, se não me engano, se esse é o próximo capítulo é o outro. Então olha como os capítulos estão interconectados.

Esse neurônio vai fazer uma sinapse com o neurônio motor, com o neurônio motor representado em azul aqui. Esse neurônio motor vai mandar uma resposta e essa resposta vai se traduzir em uma contração do seu músculo. Então, uma vez que você sentiu uma taxinha pegar no seu cérebro. É por isso que você faz um movimento involuntário. A gente chama isso de arco reflexo. Isto é, você não precisa ter o componente cognitivo associado. Você não pisa na taxinha e pensa meu Deus eu pisei numa taxinha e tiro o pé. Não, você só pisa e tira. É tipo quando você se queima também, alguma coisa assim, você só faz um reflexo de retirada. Se você tem algum problema neurológico a nível de medula, você não vai ter esse reflexo, porque a informação não está sendo processada adequadamente. É mais ou menos quando você vai ao médico e ele dá aquela batidinha com o martelo no seu joelho e você chuta o pé pra frente.

É isso aqui que ele está medindo, ver se está tudo certo neurologicamente com o seu processo de Arc Reflex. Então você faz esse processo de retirada. Só que pessoal, para tudo isso acontecer, esse neurônio inicial teve que ter um processo de... no potencial de repouso da membrana. Além disso, então, esse potencial de repouso da membrana, ele aconteceu uma mudança aqui, aqui, aqui e no cérebro e aqui. Todos os pontos que existiu uma sinapse, e portanto uma transferência

de informação, essa sinapse só existiu devido a uma alteração do potencial de repouso da membrana. E hoje vocês vão entender o que é isso. Esse primeiro item aqui é só para exemplificar para vocês a importância dessas alterações do potencial de repouso da membrana.

Vocês já vão entender o que é um potencial de repouso da membrana. O primeiro ponto que eu gostaria de deixar claro antes de vocês entenderem isso, é que o seu cérebro e os seus neurônios de uma maneira geral eles têm íons em volta. O que são íons? Íons são moléculas carregadas com eletricidade. Então você tem por exemplo no seu cérebro sódio, você tem por exemplo no seu cérebro potássio e você tem, por exemplo, no seu cérebro cloreto. O que você já consegue perceber aqui desde já? O sódio é positivo, o potássio é positivo, o cloreto é negativo. Por que é importante entender esses íons? Principalmente esses dois primeiros aqui, porque são eles que vão determinar a carga elétrica, principalmente eles, né, que vão determinar a carga elétrica. Agora tem algum biofísico aí, o cara tá com os cabelos arrepiados porque eu falei isso.

Eu tô sendo didático, tá? Isso daqui é muito mais complexo do que eu tô tentando explicar pra vocês. Mas pra vocês terem uma noção, isso daqui, o sódio e o potássio seriam os mais importantes pra gente entender o raciocínio. Depois que você entender o raciocínio, você adiciona novas variáveis ao raciocínio. Então, os íons, sódio e potássio são os mais importantes aqui na nossa equação pedagógica. E o que é interessante sobre íons? Como eles têm carga, imagine que você um íon de sódio. Então aqui está o seu íon de sódio bonitinho. Como esse íon tem carga, acontece um fenômeno bem interessante.

Ele acaba, pelo fato desses íons estarem suspensos no citosol. O que é o citosol? É o líquido que tem ali dentro do neurônio e o líquido extracelular também existe ali uma concentração de íons no líquido fora do neurônio. Então, imagine que o seu neurônio está aqui, o neurônio também tem íons. E isso daqui é a membrana do neurônio. Tá ok? Olha o interessante, tá? Esses íons, então, que estão ali perambulando dentro e fora do neurônio, eles têm uma carga, né?

Então eles têm uma carga aqui, ó. Essa carga faz com que esses íons suspensos numa solução de água fiquem com uma, o que a gente chama de coroa, que a gente chama Como esses íons estão suspensos em água? Água, você sabe, é uma molécula de H_2O . Então, o que acontece? Uma molécula de água tem duas cargas positivas e uma carga negativa. Isto aqui é extremamente importante vocês entenderem pessoal, você que já estava querendo pular essa parte, fica quietinho aí que é importante você entender. Olha que interessante! Porcamente desenhado aqui, mas vocês estão sacando a ideia.

Olha só. Então o que acontece? Como o Na do sódio tem carga positiva, ele acaba atraindo os lados da carga negativa do H_2O . Afinal de contas, cargas diferentes se atraem, cargas iguais se repelem. Concordo com isso? Lembra disso? Então o que acontece? O íon fica puxando... Isto aqui é tudo água, pessoal.

Imagina que o íon... Olha que bonito, agora ficou de dar. Até a cor da água tem o bagulho. Imagina que o íon fica com o que a gente chama de... coroa... coroa d'água. Então, a molécula do íon fica dentro de uma bolinha d'água. Aqui está representado também. Ele fica dentro de uma bolotinha d'água. Por que isso é importante?

Imagina que isso aqui é fora do neurônio. Agora vou precisar da imaginação de vocês. E aqui, isso aqui, esse pedaço aqui é isso aqui. Imagina que a membrana do neurônio é isso aqui. O que a gente fez foi pegar esse quadrado aqui e fazer um maior aumento aqui. Sacaram? Então, o que vocês estão vendo aqui é aquele quadrado lá. É isso aqui.

Então, esse quadrado aqui, vocês estão vendo em maior aumento aqui. Está perfeito? Então ok, maior aumento. Fizemos um zoom aqui, fizemos um zoom nisso daqui. O que acontece? A

membrana neuronal é feita de gordura, por isso que eu representei naquela cor ali. A membrana neuronal é feita de gordura. É uma bicamada fosfolipídica de lipídio, de gordura mesmo. E o que acontece se você colocar, por exemplo, água dentro de um copo de óleo? Eles vão se misturar? Faz esse experimento na sua casa. Bota meio copo de óleo de cozinha e enche d'água. Você vai perceber que eles vão ficar separados, eles vão ficar exatamente separados, eles não se misturam, por que? porque água e gordura não se misturam então o que vai acontecer? tanto é que quando você vai lavar uma louça de casa por exemplo, você tem que colocar detergente, porque o detergente faz com que a gordura se desprenda do prato ou do copo, se você não bota detergente, você não consegue limpar.

Então o que acontece? Essa coroa d'água na qual o íon fica envolto, faz com que o neurônio seja seletivo à entrada de íons. O que significa isso? Se o íon quiser passar aqui pela membrana ele não consegue, porque ele está envolto em uma coroa d'água. Então o que isso significa? Isso significa que o íon não vai conseguir permear a membrana por um transporte que a gente chama de transporte passivo, por exemplo, o cortisol, que é o hormônio do estresse. Ele é uma molécula lipossolúvel, então ele consegue permear, se esgueirar ele consegue entrar na célula sem que exista canais para ele entrar. O íon não consegue. Isso confere então, conforme demonstrado aqui, perceba que isso aqui é só um aumento.

Tudo isso aqui eu já expliquei para vocês, mas eu vou repassar aqui no livro. Olha só, imagina que aqui você tem um neurônio, e a gente pegou essa regiãozinha aqui do neurônio e a gente vai dar um maior aumento nela. A gente dá um maior aumento aqui. O que vocês conseguem perceber aqui? O lado de fora da célula, onde estava aquele nosso íon, com aquela coroa d'água, e o lado de dentro da célula. Não precisa necessariamente dar esse maior aumento aqui também, mas o que vocês percebem?

Isso aqui é uma estrutura de uma membrana de um neurônio, tá? E ela é composta por gordura, é uma bicamada fosfolipídica, conforme eu já mencionei anteriormente. Então, essa bicamada fosfolipídica, ela não permite a entrada de qualquer coisa no neurônio, coisas que estão envoltas em água, como por exemplo íons. E cara, isso confere ao neurônio, a célula neuronal e a outra célula também, no caso aqui a neuronal que a gente está estudando, uma coisa extremamente relevante, que a gente chama de permeabilidade seletiva. Permeabilidade seletiva, isto é, não é qualquer coisa que entra, tá? Não é qualquer coisa que entra na célula. Aí você vai me perguntar, pô, Azulim, mas então como é que faz o negócio entrar no neurônio?

Pois é, acontece que existem canais no seu neurônio que permitem a entrada desses íons. Então você vai ter canais, imagine que você tem a membrana aqui, Vou desenhar só um. Imagine que você tem a membrana aqui, aqui a parte de dentro, e aqui a parte de fora. O que acontece? Então, imagina que aqui você tem aquele íon. Tá? E esse íon está envolto em água, conforme a gente viu anteriormente. Aqui.

Perfeito? Olha só. Como é que esse íon passa pra dentro? Ele não consegue passar por difusão. Simples. passar por difusão, né, simples. Ele precisa de um canal. E existem canais na estrutura do neurônio, na membrana do neurônio, que permite a passagem desse íon. Tá pequeno esse canal, né? Existem canais na estrutura do neurônio que permitem a passagem desse íon, isso daqui seria um canal de sódio.

O que é mais louco aqui, cara? Esse canal de sódio aqui, ele pode ser, por exemplo, agora vocês vão começar a entender porque é importante entender esses canais, ele pode ser um receptor de dopamina. Vocês gostam tanto de dopamina? O canal de sódio pode ser um receptor de dopamina. A dopamina se liga aqui, quando a dopamina se ligou ali, o canalzinho abre e começa a entrar sódio no neurônio. E depois vocês vão entender o porquê que isso é importante, mas é importante. Então esse é um ponto para vocês começar já a sacar. O seu neurônio tem uma membrana, essa

membrana de gordura, existem canais, esses canais podem ser receptores, mas vocês não precisam entender isso agora, tá? Se preocupam em entender a lógica do porquê que existe carga. Isso daqui não é necessariamente relevante.

Agora começa a complicar um pouco. E esses exemplos do livro são péssimos, cara. Puta merda, é bem difícil. A primeira vez que fui estudar isso eu me quebrei pra entender. E não é tão complicado quanto o livro mostra. Enfim, acho que a estrutura que foi organizada aqui não foi muito agradável. O, vamos entender uma coisa. Eu vou ter que explicar do meu jeito, não vai ter como explicar para aquelas figuras ali. Vamos imaginar assim, você tem uma célula aqui, um neurônio, isso aqui é um neurônio, imagina que aqui vai ter os brachinhos do neurônio e tal, não vou desenhar para não ficar poluído o desenho. Digamos que você tem um canal um canal de sódio, você tem sódio você tem sódio aqui dentro do neurônio.

Imagina que aqui, esse Na agora não representa uma molécula de sódio só, representa todo o sódio que tem fora e todo que tem ali dentro. Então, imagina que você tem várias moléculas de sódio aqui suspensas no seu líquido extracelular, aqui dentro você também tem. Lembram de Biologia Básica? Para quem não lembra, eu vou nivelar aqui por baixo, tá? Uma substância, ela tende a ir a favor do seu gradiente de concentração. Esse é um dos primeiros determinantes de onde para onde vai o soluto. Então, imagina assim, se você tem uma molécula de sódio, se você tem 20 moléculas de sódio no lado direito e você tem 5 moléculas de sódio no lado esquerdo, as moléculas de sódio, se você abrir um portal para elas, elas tendem a migrar do lado direito para o esquerdo, ou seja, elas vão onde elas estão mais concentrada para onde elas estão menos concentrada.

Então, mais concentrado para onde está menos concentrado. a favor do gradiente de concentração. Então, imagina que você está em uma sala e tem 20 pessoas dentro da sala, uma sala pequena, está abarrotada, está cheia. E, no outro lado da outra sala, do mesmo tamanho, tem 5 pessoas. Está mais vazia, mais agradável. Se eu abrir a porta, para onde as pessoas tendem a ir? As 5 vão entrar onde tem 20 apertado? Não, as 20 pessoas que tem um lugar super apertado vão para outra sala para equilibrar, então vai ficar 10 em cada lado, sei lá, uma coisa assim. Isso acontece com os íons. Então os íons tendem a migrar de onde está mais concentrado para onde está menos, para fazer um equilíbrio.

O que acontece, por exemplo, em uma célula hipotética que a gente tem aqui, neuronal? Em uma célula em repouso, isto é, quando ela não está fazendo potencial de ação, você tem uma concentração maior de potássio, de sódio, fora dela do que dentro. É por isso que eu desenhei um Na maior aqui, inicialmente. Essa maior concentração de Na fora da célula faz com que o Na vá pra onde? Pra dentro. Então se você abrir um portal aqui, o Na vai começar a entrar na célula. Perfeito? A gente chama isso de difusão. Mais especificamente, difusão facilitada.

Por que é facilitada? Porque tem um canal facilitando. Se fosse direto na membrana, como o cortisol, seria difusão simples. Porém, existe uma outra coisa. Vamos pegar esse outro pedaço do neurônio aqui. Agora vai começar a complicar a cabeça de vocês. Existe uma outra coisa que determina o gradiente, para onde que anda. Que é a eletricidade.

Então, imagina que agora a gente fez essa membrana aqui e ela está positiva dentro. Mas assim, eu vou confundir mais a cabeça de vocês. Então, a gente tem a difusão, que é uma das forças que faz uma movimentação iônica. E a gente tem a eletricidade. Então, vamos usar esse mesmo exemplo. Imagina que aqui dentro da célula está positivo. Ou seja, tem mais carga positiva aqui dentro em comparação com aqui fora, que está negativo. O sódio é um íon positivo. Então, deixa eu perguntar para vocês.

vocês positivo com positivo, o que acontece? Aqui também está positivo. O que acontece mais com

mais cargas iguais? Se repelem. Então pela força elétrica você vai ter uma saída do sódio. Afinal de contas aqui está negativo e o sódio é positivo. Ele quer sair fora, repele. Então, aqui você vai ter duas forças acontecendo. Você vai ter essa força aqui, que a gente chama de... Deixe-me usá-la de outra cor. Essa força aqui... Calma que vai fazer sentido. Essa força aqui, que a gente chama de força química, e a gente tem a outra força, que é a força elétrica.

Perfeito? Perceba que em algum momento as duas forças vão se igualar. Então você vai ter a mesma quantidade de carga entrando e a mesma quantidade de carga saindo. Quando essas duas forças se igualar, a gente fala que o sódio está em equilíbrio eletro-químico? Significa que tem tanto sódio entrando quanto sódio saindo. Quando isso acontecer, a sua membrana vai ter uma milivoltagem X. uma eletricidade, porque a diferença de concentração de íons dentro e fora estava desigual, porque quando essas duas cargas se igualaram, elas se igualaram em um desequilíbrio. Calma, segura o coração aí que você vai entender, prometo que você vai entender. Só para vocês entenderem que existe uma variabilidade de forças acontecendo na membrana, e isso faz com que ocorra uma diferença de potencial elétrico. Basicamente trocando em Niels, existe energia na membrana do seu neurônio. Por isso que essa parte desse livro não é muito boa.

Enfim, aqui eles fazem esses raciocínios. Então você abre um canal, ele vai dar onde está, depois vocês leem com calma que vocês vão entender melhor. E aqui ele explica também que existe o fato das cargas, que também são importantes para o gradiente de concentração. No neurônio real, aquilo ali era um exemplo hipotético, no neurônio real, quando você vai medir a concentração de íons fora e dentro do neurônio você vai ver isso, isso que é um neurônio real, tá? você vai ver isso daqui, ó. O neurônio real tem uma milivoltagem em repouso o que é uma milivoltagem em repouso Wesley? quando o neurônio é negativo quando comparado a fora do neurônio. Ou seja, em repouso, sem esse neurônio negativo.

Então se algum dia alguém perguntar qual que é o potencial de repouso de neurônio, você pode falar seguramente menos 65 milivolts. Ok? Aí você vai me perguntar assim, Eslin, da onde que vem esse valor, cara, de menos 65 milivolts? Bom, o livro aqui dá uma explicada, tá, de distribuição de carga, aí ele explica como é que acontece. O problema é que isso daqui é uma construção que não foi feita ao vivo. O bom dessa aula é quando a gente dá uma aula que ela é feita, construída.

Por isso que eu gosto dessa aula no quadro, não gosto de usar essas imagens. Então, eu vou dar agora a aula do jeito que eu dou, do jeito que eu dava para graduação. Então eu vou trocar de tela aqui e agora a gente vai entender da onde que vem aquele é igual a menos 65 milivolts tá ok? vamos entender de onde vem isso? então beleza, vamos quebrar tudo agora aqui aqui é old school cara, eu gosto de estar no quadro não gosto de slide olha só eu vou desenhar uma célula aqui.

Ok? Então, isso aqui é uma célula. Nesse futuro do campeonato, você já sabe que essa célula tem uma propriedade lipídica e que, portanto, íons não conseguem permear essa célula de maneira simples. Precisa de um transportador. E esse transportador pode ser um receptor. Depois a gente vai ver com calma. Imagina que nessa célula aqui eu coloquei um eletrodo, um voltímetro e a gente está medindo a milivoltagem dessa célula. Cara, essa aqui foi a melhor forma que eu encontrei de dar aula de bioeletrogênese, que é o que a gente está aprendendo aqui.

Imagine que inicialmente essa célula esteja em zero. Deve estar medindo a milivoltagem. Então, inicialmente essa célula está em zero milivolts. Está me acompanhando? Faz aí, que agora é a melhor forma que eu encontrei na minha vida para explicar bioeletrogênios. Vamos imaginar, então, as concentrações. A gente sabe hoje que dentro da célula a gente tem potássio em bastante quantidade e fora da célula a gente tem potássio em menor quantidade. A gente sabe que fora da célula a gente tem sódio em maior quantidade, dentro da célula a gente tem sódio em menor quantidade.

Então, você tem mais potássio dentro que fora e você tem mais sódio fora que dentro. A célula tem zero. E aí, você imagina, quando eu desenho isso aqui, imagina que aqui existem várias moléculas de sódio, todas envoltas em água, tá e o mesmo aqui dentro e mesmo aqui tá tem mais aqui e menos aqui ok eu não vou deixar isso aqui desenhado vai poluir o desenho eu preciso que você imagine isso agora imagina o seguinte vamos imaginar e agora vem a parte legal que a gente abre um canal aqui. A partir de agora a nossa célula se transformou em uma célula permeável ao potássio, o sódio ainda não, isso aqui é só um canal de potássio o sódio está fechadinho, o canal não existe entrada nem saída de sódio, o canal está fechado Vamos lembrar, a gente tem uma força...

Qual foi as cores que eu usei? Só para deixar aqui para não confundir a cabeça de vocês. A gente tem uma força química, sempre assim, tá? A gente tem uma força química e a gente tem uma força elétrica. Ok? Pela força química, força química, gradiente de concentração. Se o potássio é mais concentrado dentro da célula e menos fora, para que lugar a força química tende a mandar o potássio? Para dentro ou para fora?

Lembrando, lembra do exemplo da sala? Se você está em uma sala cheia de gente e fora tem pouco, para onde você vai? Para fora. Então, nesse caso aqui, a célula está cheia de potássio. Pela força química, para onde o potássio tem que ir. Aí você vai perguntar, Wesley, mas por que a força química? Porque a elétrica agora é relevante. Dentro da célula está 0 milivolts. Então, não tem força elétrica imprimindo nada aqui. Não tem eletricidade ainda, tem 0 milivolts.

A gente está medindo aqui, em tempo real, a gente está medindo a célula. Qualquer movimento de íon aqui a gente está medindo. Então, a força química do potássio tende a mandar ele para fora, afinal de contas tem mais potássio dentro, então surge uma força aqui, surge uma força aqui, mandando o potássio para fora. Conforme o potássio está saindo da célula, a célula está perdendo carga positiva. Então, o que começa a acontecer? Fica negativo aqui. Então, conforme vai ficando negativo aqui dentro, a gente, medindo a voltagem da célula, a gente começa a detectar isso aqui.

Menos 5, menos 8, menos 15 milivolts. Então começou a ficar negativo dentro da célula. E essa força aqui começou a aumentar. Porque é uma diferença muito grande. Isso aqui tem até uma equação que calcula isso. Não importa para nós agora. Conforme começou a ficar negativo dentro da célula, o que começa a acontecer com a força elétrica? Já que o potássio é positivo e dentro está negativo, começa a surgir uma força puxando o potássio para dentro. Afinal de contas, o potássio é positivo e dentro da célula está negativo, ele quer ir para dentro.

Afinal de contas, está negativo aqui, o potássio quer ir para dentro. No entanto, essa força química, e aí precisaria fazer a equação para vocês entenderem a força dela, ela é muito potente, porque existe uma concentração muito grande, uma diferença muito grande de concentração, tem muito mais potássio dentro da célula do que fora. Então a força empurra muito o potássio para fora, mesmo tendo algumas moléculas indo contra a maré. Seria o equivalente a você estar saindo da sala, apertado, e alguns caras entrando. Poucos, cada 10 que saem entra um, por exemplo. Isso acontece até que a membrana, em algum momento chega em algo aproximadamente menos 90 milivolts.

Quando ela chega a menos 90 milivolts, significa que essas duas forças aqui acabaram se igualando. Então agora tem tanto pessoas saindo da sala quanto pessoas entrando. Então a soma total, o resultado total é o mesmo número de pessoas sempre. Concorde? Se tem mesmo número saindo e de mesmo número entrando, o resultado final é o mesmo número de pessoas sempre. E é isso aqui. Isso aqui é o resultado final se a célula for unicamente permeável a potássio. Só tem canais de potássio aberto, o sódio está fechado. Então, isso daqui é a célula, é o potássio em equilíbrio eletroquímico.

Mas aí você vai falar, poxa, mas o neurônio em repouso é menos 65. Aqui, menos 65. Simples, porque a gente não botou o sódio na equação. Isso aqui é só o potássio. O potássio em equilíbrio eletroquímico é menos 90, o potencial de membrana da célula. Ou seja, o potencial de membrana da célula é o mesmo do potencial de membrana do potássio em equilíbrio eletroquímico, depois vocês veem lá no livro. Então agora a gente está com uma célula hiperpositiva aqui dentro, hipernegativa, perdão, tem muita carga negativa dentro da célula. E aqui fora positiva.

Bem positiva. Esse menos 90 milivolts é o potencial de membrana dos astrócitos. Astrócitos são células que a gente tem no nosso cérebro, são permeáveis unicamente ao potássio. Portanto, o potencial de membrana deles é o mesmo do potássio em equilíbrio eletroquímico. Agora, olha que louco! Vamos dizer que agora a gente joga o nosso amigo sódio aqui pro jogo. Deixa eu só botar aqui, pra não atrapalhar muito. Vamos dizer que a gente bota o nosso amigo sódio pro jogo então agora a gente abriu um canal de sódio agora a membrana também é permeável sódio então olha o cenário que a gente tem uma membrana a menos 90 milivolts que está com um potássio em equilíbrio eletroquímico agora a gente abriu um canal novo. O que vai acontecer com a força química do sódio sendo que tem mais sódio fora do que dentro? A força química vai fazer o sódio entrar ou sair? A força química vai fazer o nosso amigo sódio entrar Deixa eu só ver se tem uma tabela aqui, pera aí a força química vai fazer o nosso amigo sódio entrar conforme... olha que louco agora que vem a jogada... agora vem a coisa mais difícil que eu demorei mais tempo para entender. Conforme o sódio vai entrando, o que ele vai fazendo?

Então agora a célula está ganhando carga positiva, então ele anula isso daqui, isso aqui vira carga positiva, não vira mais carga negativa. O que vai acontecer com o potencial de membrana? Vai começar a ficar mais positivo, menos 85, menos 80. Eu demorei muito pra entender isso, cara. Eu quebrei a cabeça pra entender isso, quando eu estudava sozinho lá. Eu não tinha aula, eu morava no Rio Grande do Sul, no interior, ninguém ensinava disso, professor nenhum sabia isso. Na minha faculdade. Me quebrei sozinho no livro. No livro! Não tinha alguém me ensinando igual eu tô aqui com vocês.

Olha o que começa a acontecer. Conforme isso daqui vai diminuindo, ou seja, a célula está ficando menos positiva, e mais, repetam, menos negativa e mais positiva, essa força aqui começa a diminuir, caralho! Começa a diminuir, porque agora você tem, isso daqui agora é positivo, então esses dois negativos que estavam puxando para dentro não estão mais, eles saíram da jogada, então essa força aqui vira fantasma, ela não está mais aqui, ela diminui, continua ali, mas diminui por quê? Porque o neurônio está com menos, não está tão negativo quanto antes. Ao mesmo tempo que tudo isso está acontecendo, a força elétrica do sódio manda ela entrar também.

Afinal de contas, aqui dentro está negativo. Está majoritariamente negativo aqui, porque a gente está em menos de 80 milivolts. E conforme vai mandando entrar a força elétrica, a somatória da nossa observação aqui é o que começa a ficar ainda mais positivo. E essa força aqui perde ainda mais força. A força elétrica é a única influenciada aqui. As concentrações não mudaram de potássio? As concentrações de potássio não mudaram. O que mudou foi a milivoltagem da membrana, que estava influenciando a força elétrica do potássio. Em algum momento essas três forças se equilibram.

Quando essas três forças se equilibram, o nosso neurônio está em menos 65 milivolts sacou? simples né? historinha pra boi dormir, barbadinha e olha que esse é o jeito mais fácil que eu encontrei de entender esse conteúdo é assim que eu dou aula pra graduação, quando eu dava aula pra graduação porque o livro ele é bem mais complicado porque primeiro ele vai explicar essa força sozinha, depois explica essa força sozinha. Aí ele vai explicar uma célula só com essa força, outra célula só com essa força, e uma dessas células só o Na e outra dessas células só o potássio. Ele cria vários cenários para depois juntar tudo num só. Eu particularmente acho mais didático assim. Não sei se vocês acharam. Só que aí você vai para um bom observador que deve estar se

perguntando, cara, mas olha só, você tem uma, duas, três.

Então você tem uma, duas, três forças mandando carga para fora. Você vai perguntar, mas por que o neurônio mesmo assim é positivo? É negativo dentro? Primeiro, a força, quando a gente vai fazer uma equação, que a gente não vai fazer aqui, obviamente, essa força aqui, a força 1, essa aqui, ela é tão forte, mas tão forte, que dá a resultante da soma das outras três. Isso também o livro não fala. Então, quando você soma as três forças que estão mandando carga positiva para dentro, ela é do mesmo tamanho da força que está mandando carga para fora, do potássio.

Então, é uma diferença de concentração tão grande, que manda muita para fora. Além disso, pessoal, e esse é o pulo do gato pra vocês entenderem no seu neurônio digamos que isso daqui seria um canal de potássio. No seu neurônio, e estes aqui serão canais de sódio. No seu neurônio você tem muito mais canal de potássio quando ele está em repouso. Você tem muito mais canais de potássio, abertos. Quando ocorre o que a gente chama de potencial de ação, a gente faz o que? Quando ocorre o que a gente chama de potencial de ação, você tem uma abertura massiva de canais de sódio. Olha que legal, tem muito canal de sódio, mas eu vou explicar que esses canais são diferentes. Então isso daqui é no repouso e isso daqui é no potencial de ação, PA, potencial de ação, que é o próximo capítulo do livro, eu vou explicar. Então no repouso você tem mais canais de potássio abertos, né?

E aqui você tem mais canais de sódio abertos. Olha que louco agora, agora vem uma parte importante. O equilíbrio do potássio é menos 90 milivolts. O equilíbrio do O que acontece? Se uma célula for unicamente permeável ao potássio, a célula vai ter 90 milivolts, como a gente viu aqui, até a gente chegar nessa altura aqui do nosso cálculo. Se a célula for unicamente permeável ao Na, ela vai ter mais, eu não sei se é mais 35... Deixa eu ver... Ah, não, não, pera aí, o NA é mais 65 na realidade. Olha só, tem mais para pensar. Mais 65 milivolts. Quando você tem uma célula em repouso, que não está sendo estimulada, você tem mais canais de potássio aberto.

Portanto, a milivoltagem da célula é menos 65 milivolts, porque isso é mais próximo do que se a célula fosse permeável unicamente ao potássio. Por quê? Porque tem mais canais de potássio proporcionalmente aberto ao sódio. Quando ocorre um potencial de ação, você abre tanto canal de sódio, mas tanto canal de sódio, que a milivoltagem da membrana vai para mais 35 milivolts. Então quando está acontecendo um potencial de ação, a sua membrana inverte as cargas. Em vez de ser positiva e negativa dentro, ela vira positiva. E isso acontece por quê? Porque agora quem tem mais canal aberto, o potencial de membrana fica próximo ao potencial do sódio.

Então, pensa assim, o íon que manda no potencial de membrana é aquele que tem mais canais abertos naquele momento. No potencial de ação abre mais canais de sódio porque existem canais de sódio que são dependentes de voltagem. Ou seja, mudanças na voltagem da membrana, que a gente vai ver lá na aula de sinapses, tem alguns canais que ficam fechadinhos e a qualquer momento esses canais podem abrir. E esse momento é quando ocorre uma alteração no potencial da membrana. Então imagina que eventualmente esse menos 65 aqui ocorra uma modificação, sei lá, algum neurotransmissor se ligou, Imaginem que aqui tinha um canalzinho de sódio fechado, aí veio uma dopamina aqui, essa dopamina se ligou nesse canal e abriu esse canal.

Agora você tem um canal de sódio que era dependente de ligante, um glutamato, uma dopamina, alguma coisa abriu e começou a entrar sódio. A célula começou a ficar mais positiva aqui dentro, esse menos 65, ele veio para menos 60, menos 50 e quando chegou em menos 50 milivolts, a gente chama isso daqui de linear, que já vem na aula que vem isso, tá? Linear de disparo. Então você tem vários canais, que seriam esses canais aqui, que são sensíveis a essa milivoltagem. Então, quando abriu aquele canalzinho que a dopamina ligou no neurônio, começou a abrir tanto, a membrana ficar mais positiva, quando chegou em menos 50, os canais pensaram, caramba, menos 50, vamos abrir. E aí, meu, abre uma cacetada de canais de sódio dependente de voltagem. Esse

canalzinho que abriu inicialmente era dependente de ligante os outros lá são dependente de voltagem e o que faz abrir esse dependente de ligante?

cara, você enxergar um bombom na sua frente você enxergar um chocolate o estímulo visual do chocolate abre um canalzinho lá no seu neurônio dopaminérgico da sua área tegmentar ventral que faz com que entre sódio naquele neurônio, diminua o potencial de membrana até menos 50 milivolts, ativa um potencial de ação, esse potencial de ação vai culminar na sinapse dopaminérgica no seu núcleo acumbente, que vai culminar em última instância em você pegar o chocolate e comer compulsivamente. Tudo começou com esse canalzinho filha da puta que deixou entrar sódio.

Só que claro, isso também pode ser uma motivação para ir à academia. É por isso que o ambiente modula nossos comportamentos, pessoal. Porque se não tem esse estímulo inicial, essa dopamina ligando aqui, já era. Não vai acontecer nada. Tá? Então, olha que loucura. Que coisa linda. Na próxima aula, a gente vai entender isso daqui. Isso aqui a gente vai entender na próxima aula. O que acontece no potencial de ação que faz essa milivoltagem diminuir, chegar no limiar de disparo e fazer uma sinapse.

Se a gente volta para o livro, eles explicam que tem também a bomba de sódio e potássio. Então imagina assim, eu lembro que tinha uma época que eu me perguntava, eu falei, caramba, como é que não acaba? Essa era a pergunta que eu fazia. É uma pergunta boa, na real. Mas como é que não acaba? Como é que não entra aqui, que não vai entrar tanto e sair tanto que vai acabar os gradientes? Pois é. A questão é que você tem uma bomba. Chamava bomba de sódio e potássio. Essa bomba, ela, por exemplo, odeia... Ela fica na membrana, né? Ela fica aqui assim na membrana.

Uma bombona aqui na membrana. Essa bomba ela faz o caminho inverso, porque ela gasta ATP, Trifosfato de Adenosina. ATP é energia, ela gastando ATP, vou botar aqui o ATP vermelho, ela gasta ATP. E o que essa bomba é muito sensível ao sódio. Esse canal aberto aqui fica vazando sódio para dentro da célula, a bomba identifica quando entra sódio demais, ela pega o sódio e joga para fora da célula, no caso, pelo canal, pela bomba. Ela fica o dia inteiro assim, 24 horas por dia, sua vida toda. Entrou sódio na célula demais, ela joga pra fora. Só que ela tá indo contra o gradiente de concentração.

Então é como se ela pegasse a pessoa que saiu da sala e jogasse pra dentro. Vai pra lá. vai para lá, porque ela está jogando o sódio da onde está menos concentrado para dentro, para fora, para onde está mais concentrado. E ela faz o mesmo com o potássio. Então ela pega o potássio fora da célula, aqui está o potássio, caiu o potássio aqui dentro, saiu o potássio aqui, ela vai pegar esse potássio e vai jogar para dentro da célula. Só que aqui está mais concentrado. Então ela faz um esforço ativo.

É como se estivesse empurrando uma bola de pedra morro acima. E por isso que ela gasta ATP, gasta energia. Por quê? Porque afinal de contas está indo contra o que é natural. Na minha opinião a bomba de sódio e potássio é uma das maiores, entre aspas, invenções, fecha aspas, da evolução. Impressionante como que pode o corpo criar uma proteína que faz um negócio que gasta energia, sabe? É realmente, você acorda de manhã com fome por causa dessa bomba. Porque esse canalzinho aqui fica vazando sódio e a bomba fica a noite inteira jogando sódio pra fora. Vai, sai, sai, sai, e gastando energia, aí você acorda com fome, você estava muscularmente relaxado, não gastou energia por nada, só que o seu cérebro ficou ali, aquela bombinha a noite toda, então esse canalzinho do sódio aqui é a razão pela qual você acorda com fome.

Sacaram? Então a bomba de sódio e potássio, ela não deixa ocorrer a erosão dos gradientes de concentração. Então aqui eles exemplificam a bomba, tudo bonitinho, mostram as equações, você consegue fazer todas aquelas equações de como você chega em menos 65 milivolts, usando os

potenciais, usando os equilíbrios, tudo bonitinho. Os canais, isso daqui é um canal de potássio numa membrana real, olha que bonito, um canalzinho. E aqui o astrócito que eu comentei e as constelações finais. E na próxima aula a gente vai entender o potencial de ação. Que aí o potencial de ação é o quê? É uma inversão daquelas cargas. É bem legal o potencial de ação e depois a gente entra em sinapses.

Mas para vocês entenderem... Bom, não tem muito o que fazer, vocês vão ter que assistir de novo para entender. Mas o grande barato é assim, a máxima que vocês têm que partir dela e desmembrar ela para entender. O potencial de membrana vai ser mais próximo ao potencial de equilíbrio do íon que mais permeava no momento. O Na^+ tem um equilíbrio de mais 65 milivolts e o potássio tem um equilíbrio de menos 90 milivolts. Ou seja, o equilíbrio da membrana é menos 65 milivolts. Ou seja, em repouso o menos 65 está mais próximo do menos 90 e quando existe um potencial de ação, a célula no Pa mais 35 milivolts. Ou seja, em repouso existe mais canais de potássio aberto.

E no potencial de ação existe mais canais de sódio aberto. Ok? Então assim, debulhem esse raciocínio, refaçam esse desenho em tempo real no caderno de vocês e vão entendendo as forças elétricas e forças químicas que estão aí influenciando essa modificação na membrana. Dica. Uma pergunta muito comum de cair nos lugares sobre isso, né, bioeletrogênese, prova de mestrado, doutorado, nos lugares por aí. Aliás, se você quiser se arriscar e responder nos comentários, eu ficaria feliz em ler depois. A pergunta é por... essa pergunta é muito boa, porque em repouso negativo se há mais potássio positivo fora e dentro.

Essa pergunta é muito boa, demorei tempos para conseguir entender e responder essa pergunta. Por que que acontece isso? Para responder vocês precisam fazer esse raciocínio aqui. Então, por que que tem mais potássio aqui do que aqui e mesmo assim o potencial dentro da célula é negativo? Bacana, né? Nos vemos na próxima aula, pessoal. Um excelente estudo para vocês!