

## SLIDE 1 – TÍTULO DA AULA

### SISTEMA NERVOSO AUTÔNOMO

### SISTEMA NEUROVEGETATIVO

### SISTEMA REGULATÓRIO VISCERAL

### SISTEMA NERVOSO VISCEROMOTOR

Curso de Ciências Biomédicas – BMA 135

Jackson C. Bittencourt

Departamento de Anatomia ICB-USP

[jcbitten@icb.usp.br](mailto:jcbitten@icb.usp.br)

**Por favor, qualquer dúvida, entrem em contato através do e-mail acima**

Esses são os diversos nomes que essa divisão do sistema nervoso pode receber entre os diferentes autores, cada um deles tem uma preferência, mas todos querem dizer respeito a um só conceito, que é a parte do sistema nervoso que controla a nossa vida **vegetativa**.

Podemos conceituar o Sistema Nervoso Autônomo (SNA) como sendo: o conjunto de receptores, vias aferentes, de associação, vias eferentes e efetores que visa manter a homeostase em nível de meio interno, ou seja controlar os eventos que mantem a nossa vida vegetativa íntegros, como o controle da pressão arterial, a frequência cardíaca, a frequência respiratória, etc.

Mas então quais são as grandes diferenças entre o SNA e o Sistema Nervoso Somático (SNS), já que todas essas funções são realizadas dentro de um mesmo tecido. **Primeira diferença:** a função de cada um deles, o SNA mantém a nossa vida vegetativa e o SNS matem a nossa vida de relação; **segunda diferença,** praticamente ambos os sistemas utilizam de quase todas as mesmas vias aferentes e de associação (os centros de associação do SNA estão localizados no hipotálamo, tronco encefálico e na medula espinal), o que os diferencia é o conjunto de vias eferentes, que podem ser divididas em **vias simpáticas (S) e parassimpáticas (P)**, ambas as divisões (**S e P**) necessitam de dois neurônios eferentes (enquanto o SNS necessita de apenas um neurônio eferente); **terceira diferença,** essas vias eferentes tem origens em locais diferentes do SNC; **quarta e ultima diferença,** os dois sistemas **S e P**, tem funções e farmacologia diferentes.

## **SLIDE 2**

Nesse slide temos uma visão geral e posterior de todo o neuroeixo (todo o sistema nervoso central alojado dentro da coluna vertebral – medula espinal -, e do crânio que aloja o encéfalo). Esse slide servirá de orientação inicial para localizarmos as divisões do SNA.

### SLIDE 3

Desenho ilustrativo da organização das vias eferentes do SNS e do SNA.

Percebam que o SNS (que se origina no SNC) necessita de apenas um neurônio eferente para chegar ao efector (nesse exemplo o músculo estriado esquelético)

Agora vejam que o SNA (que se origina no SNC também) precisa de dois neurônios eferentes para chegar ao efector, um que sai do SNC e encontra um gânglio (conjunto de neurônios localizado fora do SNC), nesse gânglio o primeiro neurônio faz sinapse com o segundo neurônio da via S ou P, para então o segundo neurônio chegar ao efector. Essa diferença entre o SNS e o SNA se dá exclusivamente pela origem embriológica de um e de outro (veja no slide 4 um desenho esquemático da formação do SNC e Periférico no 23<sup>o</sup> dia após a fecundação, reparem no tubo neural e nas cristas neurais), o SNS deriva principalmente do tubo neural, e o SNA deriva principalmente das cristas neurais. Dessa forma, aquele neurônio que sai do SNC, mas que pertence ao SNA precisa encontrar o segundo neurônio da via eferente (e esse se encontra em um gânglio), e esse segundo neurônio que está em um gânglio se origina das cristas neurais, daí segue o seu trajeto até o efector.

#### **SLIDE 4**

Desenho esquemático da origem embriológica do sistema nervoso central e periférico em corte frontal de um feto de 23 dias após fecundação.

Reparem que existe um tubo neural, do qual derivam todas as estruturas do sistema nervoso central no adulto, e das cristas neurais, que são projeções laterais do ectoderma (camada de células ectodérmicas no dorso do embrião acima das cristas neurais e do tubo neural), que se diferenciou e deu origem ao todo neural e às próprias cristas neurais e estruturas do sistema nervoso periférico. Dessas estruturas se originam todos os neurônios autonômicos cranianos e espinais.

## SLIDE 5

Desenho esquemático de todo o neuroeixo em vista lateral. Notem que nessa visão temos desde a medula espinal (alojada na coluna vertebral), o tronco encefálico, o cerebelo e os hemisférios cerebrais (formando o encéfalo - todos alojados no crânio). Esse desenho serve para começarmos a ter a noção das divisões do SNA, que se encontram principalmente no hipotálamo, tronco encefálico e medula espinal. Existe um corte transversal da medula espinal a direita dando destaque a estrutura básica da distribuição da substância cinzenta, na forma de um “H” e a substância branca ao redor dele, constituída de axônios mielinizados que transitam com informações tanto ascendentes quanto descendentes.

## SLIDE 6

Nesse desenho esquemático vemos um corte transversal da medula espinal com a chegada de uma via **aférente** (**azul** - sensorial/sensitiva), o neurônio que origina essa via está no **gânglio** (chamado gânglio da raiz dorsal), esse neurônio tem um prolongamento periférico que se conecta ao receptor e um prolongamento central que entra na medula espinal pela coluna dorsal, ele faz sinapse com um neurônio de associação (**verde** – interneurônio), e esse faz sinapse com o neurônio **eférente** (**vermelho** – motor) que sai da coluna ventral, esse novamente entra em um nervo espinal que chega ao efetor (músculo estriado esquelético – no caso do SNS).

## SLIDE 7

Desenho esquemático de um corte transversal da medula espinal exatamente como a figura anterior, mostrando o circuito neural do SNS a direita. A esquerda vemos o circuito neural que dá estrutura ao SNAS. Vê-se então que a diferença fundamental é a presença de mais um neurônio eferente, que sai do SNC pela coluna ventral, mas encontra um gânglio no caminho e então faz sinapse com o segundo neurônio da via do SNAS. Concluimos então que, todos os nervos espinais (31 a 33 pares de nervos espinais) possuem fibras aferentes somáticas, aferentes viscerais, eferentes somáticas e eferentes viscerais.

## SLIDE 8

Nesse desenho esquemático temos a medula espinal dentro de seu estojo ósseo, a coluna vertebral, os seus três invólucros, as meninges: dura-máter, aracnoide e a pia-máter. Além disso conseguimos ver a chegada de um nervo espinal dividindo-se nas raízes dorsal (sensitiva) e ventral (motora). Ainda mais, temos a ilustração das cadeias simpáticas paravertebrais (CSPVT), uma de cada lado da coluna vertebral. Esse é o principal componente do SN Simpático (SNAS), uma vez que os seus gânglios estão conectados por ramos entre eles. A CSPVT percorre quase toda a extensão da coluna vertebral, ela vai dos segmentos cervicais mais baixos até as porções sacrais. A CSPVT está conectada aos nervos espinais por dois ramos nervosos chamados de ramo comunicante branco e ramo comunicante cinza.



## SLIDE 9

Nesse slide vê-se a forma de conexão entre a medula espinal com a CSPVT, evidenciando-se a origem do neurônio pré-ganglionar (**linha vermelha contínua**), e dela a conexão com o nervo espinal, através da raiz ventral, com o neurônio pós-ganglionar (**linha vermelha pontilhada**).

Então vejamos, o SNAS tem origem nos segmentos medulares de T1 a L2 (ou seja, do primeiro segmento torácico ao segundo lombar), numa projeção lateral do “H” cinzento, a coluna intermédia lateral (CIL - apontada em corte histológico de medula espinal humana no nível torácico no slide seguinte). A CIL só existe entre os segmentos T1 a L2, não a existe a CIL acima de T1 e abaixo de L2, por esse motivo o SNAS é chamado de localização Tóraco-Lombar. Nessa coluna lateral estão alojados os corpos dos neurônios pré-ganglionares (**linha vermelha contínua**), os seus axônios saem pela coluna ventral através das raízes ventrais, entram no nervo espinal, mas logo saem dele através do ramo comunicante branco (mielinizado), esse ramo comunica o nervo espinal com a CSPVT, nela faz sinapse com o segundo neurônio (pós-ganglionar), e os seus axônios saem dele pelo ramo comunicante cinza (**amielínico – linha vermelha pontilhada**) e volta a entrar no nervo espinal. Novamente, portanto, o nervo espinal possui axônios de vias aferentes somáticas, eferentes somáticas, aferentes viscerais e eferentes viscerais.

## SLIDE 10

Corte transversal da medula espinal evidenciando-se a substância cinzenta organizada na forma de um “H”, ou asa de borboleta, com as colunas dorsais (sensitivas), as colunas ventrais (motoras), e as laterais; essas últimas, são as origens dos primeiros neurônios simpáticos (pré-ganglionares) para cada metade do nosso corpo. Vê-se nesse slide um corte histológico de medula espinal humana no nível torácico, que pela coloração utilizada mostra uma “inversão da cor” (artificial) da substância cinzenta (azul claro) na forma de um “H”, e a substância branca (azul mais escuro) ao redor da SC. Vemos a coluna dorsal/posterior mais afunilada (sensitiva), uma dilatação da SC entre a coluna dorsal e a coluna ventral (mais curta e mais grossa – motora), que é justamente a coluna lateral. A CIL é justamente o local onde estão alojados os neurônios pré-ganglionares do SNA Simpático.

## **SLIDE 11**

Desenho esquemático mostrando a formação básica de construção de um circuito neuronal do SNA, que serve tanto para o Simpático como para o Parassimpático.

O neurônio pré-ganglionar (corpo celular) está localizado no SNC, seu axônio se projeta para o SN Periférico e chega até um gânglio a uma distância qualquer do neuroeixo. Nesse gânglio encontram-se os neurônios pós-ganglionares, que através de um nervo espinal ou craniano chegam até os efetores (nesse caso exemplificado por uma fibra muscular lisa).

## SLIDE 12

Nesse slide mostramos a organização anatômica do SNA Parassimpático.

**A** – O SNAP é chamado de crânio-sacral. Por quê? Os neurônios pré-ganglionares do SNAP encontram-se principalmente em agrupamentos de alguns núcleos de nervos cranianos no tronco encefálico, quais sejam: III, VII, IX e X, respectivamente os nervos oculomotor, facial, glossofaríngeo e o nervo vago (os núcleos desses nervos cranianos recebem informações de núcleos hipotalâmicos). Os outros agrupamentos de neurônios pré-ganglionares estão localizados nos segmentos sacrais da medula espinal, os segmentos S2, S3 e S4.

**B** – Corte histológico da medula espinal humana no nível sacral. Reparem que nesse corte é apontado um grupamento de neurônios pré-ganglionares (pontos roxos escuros apontados pela seta vermelha). Não existe CIL nos níveis sacrais da medula espinal.

**C** – Corte histológico do mesencéfalo humano. Reparem que nesse corte é apontado o núcleo oculomotor (III par de nervo craniano – **seta verde**). Notem também que a partir desse núcleo saem axônios, que formam o nervo oculomotor (**seta amarela**), e esse chega ao globo ocular onde inerva alguns dos músculos somáticos dos movimentos oculares. Entretanto, associado a esse núcleo temos outro núcleo, chamado de Núcleo de Edinger-Westphal (NEW, esse núcleo possui duas partes: uma para inervação da pupila, chamada de parte pré-ganglionar ou EWpg, e uma que inerva outras regiões do SNC, que é chamada de EWc); nesse núcleo temos os neurônios pré-ganglionares parassimpáticos que irão inervar a pupila, esses axônios irão caminhar juntos com os axônios do núcleo do nervo oculomotor. Os axônios do III par de nervo craniano inervam os músculos extrínsecos do globo ocular, enquanto os de origem do NEW fazem sinapse no **gânglio ciliar (identifique-o na figura A)**, onde encontram o segundo neurônio da via (o pós-ganglionar), esse irá, então, chegar até a pupila e comandar o reflexo de fechamento dela, chamado de **miose**. O reflexo de abrir a pupila, chamado de **midríase**, é comandado pelo SNAS, por ramos da CSPVT que sobem ao crânio acompanhando os ramos da artéria carótida interna que chegam ao olho.

### SLIDE 13

Nesse slide encontramos uma tabela e um desenho esquemático. A tabela mostra as diferenças anatômicas e farmacológicas entre o SNAS e o SNAP, demonstrando as principais diferenças anatômicas e farmacológicas em suas sinapses.

Vemos que o neurônio pré-ganglionar do SNAS está localizado na coluna intermédia lateral (CIL) na medula espinal, entre os segmentos medulares de T1 a L2, enquanto do SNAP, esses neurônios pré-ganglionares estão localizados em núcleos do tronco encefálico e nos segmentos medulares sacrais entre S2, S3 e S4.

Quanto à posição do neurônio pós-ganglionar do SNAS, ele está longe da víscera, e no SNAP é o oposto, ou seja, esse neurônio pós-ganglionar está próximo ou dentro da víscera.

Essa posição dos neurônios pré- e pós-ganglionares, traz conseqüentemente uma diferença anatômica importante. As fibras pré-ganglionares do SNAS são curtas e as do SNAP são longas, o oposto ocorre quanto às fibras pós-ganglionares; do SNAS são longas, e as do SNAP são curtas.

Quanto às características ultraestruturas das fibras pós-ganglionares do SNAS elas aparecem como vesículas granulares e pequenas, enquanto as do SNAP são pequenas e sem vesículas granulares. Na figura esquemática à direita vemos um desenho de uma sinapse com vesículas granulares que liberam noradrenalina do segundo neurônio do SNAS.

Finalmente, uma outra característica de diferenciação entre o SNAS e o SNAP é a farmacologia delas, ou seja, o que elas contêm de neurotransmissores: o SNAS tem principalmente a adrenalina na maioria das fibras pós-ganglionares, enquanto as fibras pós-ganglionares do SNAP são colinérgicas, ou seja, contém, acetilcolina.

## **SLIDE 14**

Nesse slide temos em um esquema, tudo aquilo que foi falado sobre as diferenças anatômicas e farmacológicas do slide anterior, só que agora na forma de um desenho esquemático.

## SLIDE 15

Nesse slide temos exemplificadas algumas ações dos SNAS e SNAP. Na metade do século passado os autores pensavam e só viam as funções de cada um deles de forma oposta, ou seja, o melhor exemplo sempre foi a ação oposta de um e do outro sobre os músculos da pupila. Ao estimular o SNAS os pesquisadores percebiam a **midríase**, ou seja, a abertura da pupila, ou o aumento do diâmetro pupilar, enquanto a estimulação das fibras do SNAP que chegam ao musculo esfíncter da pupila, os pesquisadores viam apenas a **miose**, ou seja, a diminuição do diâmetro pupilar. Esse é o melhor exemplo de efeitos opostos entre o SNAS e o SNAP. Entretanto, existem efeitos similares (cooperativos) ou mesmo aqueles onde encontramos a presença de um dos sistemas. Esse desenho esquemático mostra exatamente isso. As glândulas lacrimais somente recebem inervação parassimpática, enquanto as glândulas suprarrenais (divisão medular), as arteríolas dos músculos esqueléticos, da pele, das vísceras e dos rins, recebem somente inervação do SNAS.

## SLIDE 16

Nesse slide vemos um desenho esquemático sobre as origens dos primeiros e dos segundos neurônios do SNAS e do SNAP, assim como dos seus respectivos órgãos alvo. Assim vemos que, o SNAS origina-se exclusivamente dos segmentos medulares de T1 a L2 (portanto, o SNAS é chamado de tóraco-lombar), essas fibras pré-ganglionares chegam na CSPVT e fazem sinapse com os segundos neurônios, as fibras pós-ganglionares partem daí para inervar diversas vísceras espalhadas por todo o nosso corpo, desde a extremidade cefálica até os órgãos da reprodução. A origem dos primeiros neurônios pré-ganglionares do SNAP está localizada em núcleos de nervos cranianos no tronco encefálico e nos segmentos medulares sacrais (S2, S3 e S4 - portanto, o SNAP é chamado de crânio-sacral). Essas fibras pré-ganglionares partem desses locais para encontrarem os segundos neurônios, que se localizam em gânglios espalhados pelas cavidades torácica, abdominal e pélvica, e também em locais específicos da cabeça. A partir desses gânglios os neurônios pós-ganglionares, podem se localizar tanto perto das vísceras como nas paredes delas.



## SLIDE 17

Nesse slide vemos duas fotomicrografias de parede intestinal. Vemos em **A**, os neurônios (citoplasmas verdes e núcleos vermelhos) que formam o **Plexo Mioentérico**, ou seja, o plexo de neurônios que promovem os movimentos peristálticos do trato digestório; em **B**, vemos os neurônios (mesmas cores do anterior) que formam o **Plexo Submucoso**, ou seja, os neurônios que formam os gânglios cujos neurônios promovem a secreção de substâncias necessárias para a digestão, absorção, e para a circulação sanguínea do trato digestório.

## SLIDE 18

Nesse desenho esquemático vemos como as informações chegam ao sistema nervoso (SN) a partir de órgãos efetores; eles enviam seus estados funcionais para que as partes devidas do SN. Nesse caso o SNAS ou o SNAP e o SN Somático, recebem as respectivas informações através de suas respectivas divisões: medula espinal, tronco encefálico e encéfalo. Assim é que, a partir dessas informações, níveis diferentes do SN tomam decisões complementares, ou seja, o que ocorre em cada uma das vísceras, tanto a medula espinal, o tronco encefálico e o hipotálamo, recebem todos praticamente ao mesmo tempo as mesmas informações, e tomam as decisões sobre quais serão as respostas a serem dadas para o mesmo evento. Exemplo: se por algum motivo, recebemos uma notícia triste e choramos, essa “emoção” mostra-se com a resposta de chorar (ação do SNAP – lacrimejar); adotamos também o comportamento de chorar e que não é somente lacrimejar, mas diversos outros movimentos (SN Somático). De maneira bem simples, vemos que esse esquema mostra que a partir de partes do encéfalo (hipotálamo, sistema límbico – que controlam os nossos comportamentos instintivos e/ou emocionais), partem “ordens” para outras partes do SN, como o tronco encefálico e a medula espinal, e suas respectivas divisões, seja o Somático ou o Autônomo, para que possamos organizar os nossos comportamentos.

## SLIDE 19

Nesse quadro temos uma visão geral das ações do SNA, descritas conforme suas funções em diferentes órgãos, como exemplos. Podemos identificar nesse quadro que existem órgãos em que o SNAS ou SNAP tem ações **opostas, complementares (cooperativas)** ou mesmo **individualizadas**. Exemplos: pupilas = SNAP controla a miose, SNAS = controla a midríase; as glândulas lacrimais, recebem apenas o SNAP; nas arteríolas, apenas o SNAS tem ação; nas glândulas salivares ambos os SNAS e SNAP quando estimulados produzem saliva, entretanto, com características diferentes para cada uma delas, o SNAS produz saliva aquosa, enquanto o SNAP produz saliva espessa.

## SLIDE 20

Nesse slide temos um quadro com informações complementares do quadro anterior. Nele vemos os efeitos antagônicos, cooperativos e complementares do SNAS e do SNAP. **Exemplos: função antagônica** = coração, SNAS produz taquicardia (aumento da FC), SNAP produz bradicardia (diminuição da FC); **função cooperativa** = glândulas salivares, SNAS produz saliva espessa, SNAP produz saliva aquosa; **função complementar** = órgãos genitais: SNAS produz ejaculação, SNAP produz ereção. Nesse item particular de funções do SNA nos órgãos reprodutores, ainda permanece uma discussão, uma vez que a ereção é muito bem descrita sobre a inervação para que ocorra esse fenômeno nos dois sexos, entretanto, no órgão genital feminino, a ejaculação não ocorre como no masculino, mas alguns autores acreditam que a maior secreção das glândulas no vestíbulo da vagina, que servem para a lubrificação e consequente facilitação da penetração, poderia ser equivalente à ejaculação durante o orgasmo feminino.