

## **Maturitní téma č. 29**

# **NERVOVÁ REGULACE**

Nervová soustava ovládá přímo nebo nepřímo činnost všech orgánů v těle, vytváří chování organismu a komunikuje s okolním světem. Má proto mezi všemi ostatními tělesnými soustavami zcela zvláštní postavení.

Řídící funkce nervové soustavy je dvojitá:

- řízení kosterního svalstva
- řízení vnitřních orgánů

Složitě nervové děje se označují jako nervové funkce. Řadíme mezi ně instinktivní a emotivní chování, učení a paměť. Nejvyšší funkcí mozku je myšlení, řeč, vědomí a uvědomělé smyslové vnímání.

Základní funkce nervové soustavy lze rozdělit podle několika principů:

- 1.** Základní jednotkou nervové soustavy je neuron. Funkcí neuronů je přenos a tvorba nervových signálů. Jejich fyzikální podstatou je pohyb iontů, který lze registrovat jako elektrické děje. Integrací nervových signálů vznikají odpovědi nervové soustavy, které představují povely k činnosti jednotlivých orgánů. Neuron má tedy funkci signální a integrační.
- 2.** Nervová činnost se uskutečňuje v soustavách neuronů uspořádaných do různé složitě organizovaných nervových obvodů. Nejjednodušší formou nervového obvodu je reflexní oblouk. Tvoří jej část periferní a centrální. Některé nervové obvody jsou uloženy uvnitř centrální nervové soustavy (centrální systémy) a zprostředkují složitější sensorické (smyslové) a motorické (hybné) funkce i některé tzv. vyšší nervové funkce (emotivní chování, učení, paměť, myšlení).
- 3.** Centrální část nervové soustavy (mícha, mozek) je tvořena nervovými oddíly a dráhami různě vývojově starými. Vývojově novější oddíly zprostředkují nejsložitější nervové funkce. Starší struktury jsou jim podřízeny (princip hierarchie).
- 4.** Činnost kosterního svalstva je řízena somatickým nervovým systémem, činnost útrobních orgánů vegetativním nervovým systémem.

## **NEURON - ZÁKLADNÍ JEDNOTKA NERVOVÉ SOUSTAVY**

Základní jednotkou nervové soustavy je neuron, což je nervová buňka se svými výběžky. Neuron má tyto hlavní části: 1. dendrity, 2. buněčné tělo (soma), 3. iniciální segment, 4. axon (neurit, nervové vlákno), 5. nervová zakončení.

**1. Dendrity** jsou krátké výběžky buněčného těla a představují spolu s buněčným tělem vstupní část neuronu, tj. místo, kde se přijímají signály z jiných neuronů nebo smyslových buněk a kde se zpracovávají.

**2. Buněčné tělo (soma)** je část neuronu obsahující jádro a cytoplazmu s hlavními buněčnými organelami.

**3. Iniciální segment** je část neuronu spojující buněčné tělo s axonem. Tato oblast je místem, kde vznikají akční potenciály.

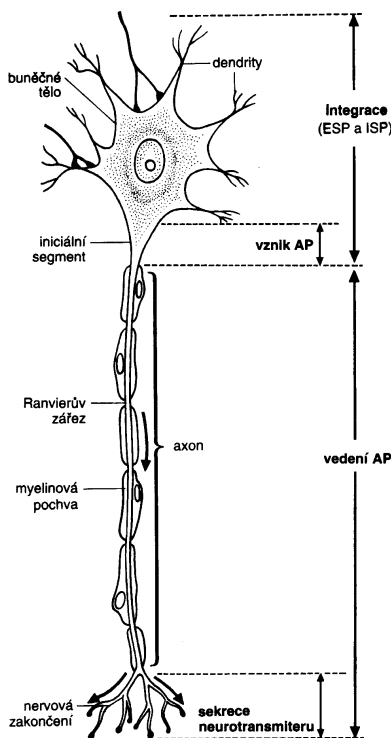
**4. Axon** neboli nervové vlákno je delší výběžek neuronu specializovaný k vedení akčních potenciálů (vzruchů). Nervové vlákno je vodivou částí neuronu, neboť vede signály na delší vzdálenosti směrem od těla neuronu a neúčastní se vlastního zpracování informací jako dendrity a buněčné tělo.

Nervové vlákno většiny neuronů je kryto obalem, myelinovou pochvou, vytvářenou **Schwannovými buňkami**. Myelinová pochva je přerušovaná tzv. Ranvierovými zářezy. Toto uspořádání urychluje přenos akčních potenciálů po nervovém vlákne. Z každého těla neuronu vychází obvykle jen jeden axon, který může dosáhnout délky až 1 m (např. axony mešních motorických neuronů inervující některé svaly dolní končetiny).

**5. Nervová zakončení** tvoří konečnou výstupní část axonu, která je specializovaná k uvolňování (sekreci) chemických přenašečů zprostředkujících přenos signálu mezi neurony samotnými a mezi neurony a cílovými buňkami. Zakončení neuronu mají "knoflíkovitý" tvar (synaptický knoflík). Bývá jich větší počet. Neurony v centrální nervové soustavě jsou uloženy mezi podpůrnými buňkami - gliovými buňkami (neuroglie).

**6. Nervy a nervové dráhy** jsou svazky nervových vláken ve vazivovém obalu. Nervy nazýváme ty svazky vláken, které jsou součástí periferního nervového systému (míšní nervy, hlavové nervy). Pokud jsou pouze uvnitř centrálního nervového systému označujeme je jako nervové dráhy - trakty (např. pyramidové dráhy spojující mozkovou kůru s míchou. Někdy se tyto pojmy zcela důsledně nerozlišují.)

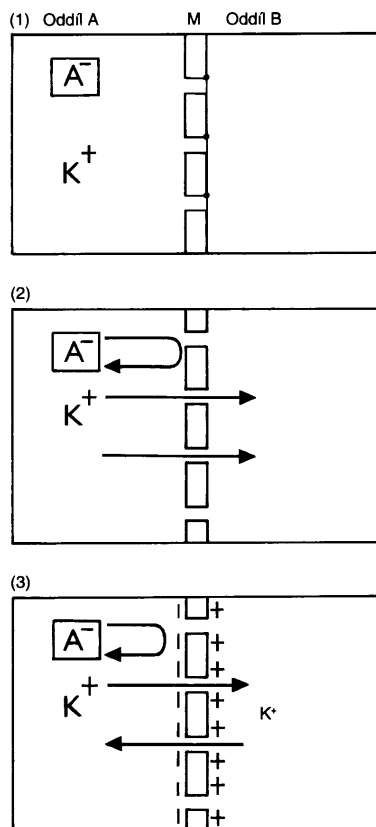
Na další straně viz obrázky neuronu:



Neuron – základní jednotka nervové soustavy.  
Morfologické a funkční členění neuronu (ESP – excitační, ISP – inhibiční synaptické potenciály, AP – akční potenciály)

## **SIGNÁLNÍ FUNKCE NEURONU**

Signály nervové soustavy jsou procesy, které lze registrovat jako děje elektrické. Nervové signály vznikají na základě toku náboje zprostředkovaného tokem iontů napříč plazmatickou membránou neuronu.



Model vzniku membránového potenciálu.  
Označení K<sup>+</sup> menším písmem v oddílu B vpravo dole vyjadřuje, že membránový potenciál vzniká jen přesunem zcela malého množství kladných nábojů

### **Membránový potenciál**

Pro pochopení podstaty signální a integrační činnosti neuronu je nezbytné si vysvětlit, co v biologii znamená klidový membránový potenciál (KMP).

Jestliže vnikne do buňky velmi jemná měřící elektroda se zakončením o průměru menším než 0,1  $\mu\text{m}$  (mikroelektroda), zjistíme citlivými elektronickými měřicími přístroji, že mezi vnitřkem buňky a vnějším prostředím existuje rozdíl elektrického potenciálu. Tento rozdíl, který činí asi 70 mV (u různých buněk od 40 do 90 mV) nazýváme klidový membránový potenciál. Na základě dohody k němu připojujeme znaménko minus.

Membránový potenciál vzniká na základě nerovnoměrného rozdělení malého množství kladných a záporných nábojů do dvou oddílů. Oba jsou přitom od sebe odděleny membránou (proto membránový potenciál).

### **MODEL VZNIKU MEMBRÁNOVÉHO POTENCIÁLU**

Model zahrnuje dva oddíly, mezi nimiž je membrána (M). Oddíl vlevo (A) je naplněn vodným roztokem iontů K<sup>+</sup> a iontů A<sup>-</sup>. Od oddílu vpravo (B) je oddělen membránou, která v první fázi (1) není propustná ani pro jeden z iontů. V této fázi neexistuje v soustavě žádný membránový potenciál.

Ve druhé fázi (2) se otevřou kanály (otvory) v membráně, kterými mohou procházet ionty K<sup>+</sup>, ale nikoliv ionty A<sup>-</sup>. Ionty K<sup>+</sup> se pohybují po koncentračním spádu (chemická síla) do oddílu B, ale jen do určitého okamžiku, protože na ně začne působit nová síla - síla elektrická. Vzniká tím, že se v oddílu A sníží počet kladných nábojů a zvýší počet záporných nábojů, což má za následek, že záporné náboje budou přitahovat kladné náboje K<sup>+</sup> zpět do oddílu A. Mezi oběma silami, tj. silou chemickou (koncentrační spád) a silou elektrickou, se vytvoří rovnováha. Konečným výsledkem je, že z oddílu A unikne jen malé množství iontů K<sup>+</sup> a mezi oběma oddíly se vytvoří rozdíl elektrického potenciálu, kterému říkáme membránový potenciál (fáze 3).

Podobná situace je i v buňce. Uvnitř buňky je v intracelulární tekutině oproti vnějšku sice větší množství kladných iontů K, ale celkově zde mírně převažují záporné náboje, a to zvláště záporně nabitě skupiny molekul bílkovin a fosforečnanů, které nemohou pronikat plazmatickou membránou, protože je pro ně zcela nepropustná. Pro malé ionty K<sup>+</sup> je sice membrána propustná a ty mohou po koncentračním spádu ven z buňky uniknout, přesto však jsou uvnitř

buňky přítomny ve větší koncentraci než vně buňky, protože tam jsou zadržovány elektrostaticky negativně nabitými molekulami bílkovin a fosforečnanů.

Ke vzniku KMP stačí, aby jen velmi malé množství iontů  $K^+$  vystoupilo z nervového vlákna ven. Ke vzniku KMP není tedy vůbec třeba, aby se obsah iontů v buňce nějak výrazněji změnil.

KMP se tedy ustavuje tím, že uvnitř buňky vzniká malá převaha záporných nábojů a vně kladných. Membrána se tak stává polarizovanou. Kladné náboje jsou uloženy vně, záporné uvnitř.

Nervové, smyslové a svalové buňky na rozdíl od všech ostatních buněk mají schopnost reagovat na působení různých podnětů vznikem odpovědi (signálů), jejichž podstatou je změna klidového membránového potenciálu.

Stimulace uvedených buněk způsobuje krátce trvající změny v propustnosti plazmatické membrány pro ionty  $Na^+$  a  $K^+$ . Změna propustnosti pro ionty spočívá v otevírání nebo zavírání iontových kanálů v plazmatické membráně.

V klidu je většina iontových kanálů, jimiž mohou procházet ionty  $Na^+$ , uzavřena. Při stimulaci nervu se  $Na^+$  kanály na několik milisekund otevírají, což vede k pohybu těchto iontů po koncentračním a elektrickém spádu dovnitř neuronu. Tím dojde ke krátce trvající výchylce membránového potenciálu.

Vznikají nervové signály – synaptické akční potenciály.

Nezbytným předpokladem pro signální činnost nervové soustavy založené na rychlých přesunech iontů iontovými kanály je přítomnost elektrických a chemických gradientů mezi vnějším a vnitřním buňky.

**Chemické a elektrické gradienty** jsou z fyzikálního hlediska síly, které mohou vyvolávat pohyb iontů z jednoho oddílu odděleného membránou do druhého, tj. z nitra buňky směrem ven, nebo opačně podle směru gradientu. Gradienty jsou udržovány neustále aktivním transportem, který vykonávají iontové pumpy (pumpa sodíková nebo sodíko-draslíková) za spotřeby chemické energie z metabolických procesů nervové buňky.

## **SYNAPTICKÉ POTENCIÁLY, SYNAPSE, NEUROTRANSMITERY**

Signály z jiných neuronů nebo ze smyslových buněk jsou předávány v místech spojení dvou neuronů nebo spojení smyslové buňky a neuronu, která se označují jako synapse. Neuron se v synapsích přímo nedotýká, je mezi nimi mezera (synaptická štěrbina). Spojení se uskutečňuje (mezi nervovými zakončeními jednoho neuronu a vstupní membránou dalšího neuronu).

Vstupní membránou označujeme membránu dendritů a buněčného těla neuronu. Jestliže přijde po nervovém vlákně určitého neuronu k nervovému zakončení signál v podobě **akčního potenciálu**, který můžeme označit jako signál elektrický, nepříjde ve stejné podobě na další neuron, ale přenesení se na další neuron v podobě chemického signálu. Z váček nervového zakončení se vyloučí chemikálie: **neurotransmitter**, který dá vzniknout synaptickému potenciálu na dalším neuronu. Toto vyloučení se nazývá **neurosekrece**.

Po vylití do synaptické štěrbiny se molekuly neurotransmiteru váží na receptory (membránové makromolekuly) v synaptické membráně následného neuronu, tzv. postsynaptické membráně. Zde vyvolávají malé změny propustnosti membrány pro ionty sodíku. Iontové kanály v synaptické

membráně se na několik milisekund otevírají a ionty sodíku vstupují v malém množství do nervové buňky. Silou, která způsobuje tento pohyb iontů sodíku směrem do neuronu, je koncentrační spád (gradient) a záporný potenciál uvnitř neuronu.

Membránový potenciál se vstupem  $\text{Na}^+$  iontů v oblasti dendritů nebo těla neuronu na dobu asi 10 ms změní o několik milivoltů k pozitivnějším hodnotám, než se opět kanály pro ionty sodíku uzavřou a membránový potenciál se opět vrátí k původní hodnotě. Změna klidového membránového potenciálu k pozitivnějším hodnotám se nazývá.

Depolarizace je podstatou excitace - dráždění - v nervovém systému. Popsanou změnu membránového potenciálu v synaptické membráně neuronu označujeme jako excitační – budivý - potenciál. Neurotransmitery, které vyvolávají excitační potenciály, nazýváme proto excitační neurotransmitery (acetylcholin, noradrenalin).

Některé neurotransmitery (kyselina gama-aminomáselná) mohou však vyvolávat děj opačný, a to změnu membránového potenciálu k hodnotám negativnějším. Taková změna membránového potenciálu se nazývá hyperpolarizace a je podstatou inhibice (útlum) v nervovém systému. Takovouto změnu potenciálu označujeme jako inhibiční synaptický potenciál.

**Synaptické potenciály**, vznikající na vstupní membráně neuronu v oblasti dendritů a těla neuronu, nemají schopnost se šířit na delší vzdálenosti (proto se nazývají také **místní potenciály**). Nejdále se šíří do oblasti iniciálního segmentu neuronu. Jestliže zde vznikne dostatečně velká depolarizace (tzv. prahová depolarizace), vznikají akční potenciály. Hyperpolarizace naopak snižuje pravděpodobnost, že akční potenciály vzniknou.

### **Akční potenciál**

V oblasti iniciálního segmentu dochází při dostatečně velké stimulaci neuronu (prahové stimulaci) k velkému zvýšení propustnosti membrán pro ionty  $\text{Na}^+$ , což je vlastní příčinou vzniku akčního potenciálu (AP).

Záporný membránový potenciál (množství negativního náboje) uvnitř neuronu se tokem iontů  $\text{Na}^+$  v daném úseku zcela vyrovnává a posléze změní znaménko (začnou mírně převažovat kladné náboje) – vzestupná fáze AP.

Současně dochází k depolarizaci v sousedním úseku axonu a AP se šíří dále do axonu. Návrat ke klidové hodnotě membránového potenciálu se uskuteční tím, že se v axonu rychle otevřou kanály pro ionty  $\text{K}^+$  a současně dojde k opětovnému snížení propustnosti pro ionty  $\text{Na}^+$  - sestupná fáze AP. V této fázi vystupují z neuronu v aktivním místě kladné náboje jako ionty  $\text{K}^+$ .

Akční potenciál je nervovým signálem větší amplitudy než synaptický potenciál. Oba druhy signálů však trvají jen krátce, protože zvýšení propustnosti plazmatické membrány pro ionty  $\text{Na}^+$  trvá jen krátkou dobu (několik milisekund).

Teprve po proběhnutí AP jsou ionty  $\text{K}^+$  venku vyměněny mechanismem  $\text{Na}^+$  -  $\text{K}^+$  pumpou zpět za  $\text{Na}^+$  ionty uvnitř, aby byly zachovány iontové gradienty. Během akčního potenciálu ani potenciálů synaptických se přesuny iontů prostřednictvím iontových pump neuskutečňují.

Toky iontů napříč membránou axonu při akčním potenciálu, ale i při synaptických potenciálech na vstupní membráně neuronu, znamenají časově omezené přeskupování nábojů po obou stranách plazmatické membrány. Plazmatické membrány. Podstatou nervové signalizace je tedy přeskupování nábojů, které nesou ionty.

Akční potenciál z oblasti iniciálního segmentu po celé délce vodivé části neuronu, tedy po axonu k jiným neuronům nebo výkonným orgánům. Tento signál se označuje jako impulz = vzruch.

## **INTEGRACE NERVOVÝCH SIGNÁLŮ**

Protože vlastností synaptických potenciálů je, že se na vstupní membráně neuronu mohou vzájemně sčítat a odečítat, může se v nervové soustavě měnit povaha přenášené informace. Takovému procesu říkáme integrační činnost neuronu. Z více různých informací přicházejících na vstup neuronu vzniká nová informace, která se kóduje v oblasti iniciálního segmentu do různě časově uspořádaných vzorců akčních potenciálů.

Podstatným rysem nervové signalizace tedy je, že se informace při přestupu z jednoho neuronu na další neuron nebo více neuronů transformují. Tyto děje je možno chápat také tak, že dvojkový, digitální signál je na spojeních neuronů přetransformován v signál analogový (v podobě většího nebo menšího vyjití neurotransmiteru a synaptických potenciálů), který se dále opět přemění na digitální (AP).

Integraci a transformaci nervových signálů umožňuje organizace nervové soustavy založená na principu konvergence a divergence. Rozumí se tím skutečnost, že centrální nervová soustava představuje nesmírně rozsáhlou síť neuronů, kde jeden neuron může přijímat signály ze stovek nebo dokonce tisíců jiných neuronů. Nervová buňka není tedy pouhým spojovacím prvkem, který předává signály tak, jak je přijímá. Je současně vodivým i integračním prvkem nervové soustavy.

## **NERVOVÉ OBVODY. REFLEX. CENTRÁLNÍ SYSTÉMY**

Funkce nervové soustavy spočívá v příjmu, zpracování, ukládání a vydávání informací. Tato činnost se uskutečňuje v seskupeních neuronů, která se nazývají **nervové obvody**. Neurony spojené v nervových obvodech mohou být přitom někdy blízko sebe, jindy značně vzdáleny.

Část nervové soustavy, která je uložena v páteři a lebce, se nazývá centrální nervová soustava (CNS). Vše ostatní - tedy skupiny neuronů ležící mimo CNS a nazývané ganglia a všechna nervová vlákna mimo CNS - tvoří periferní nervovou soustavu. Periferní nervový systém nelze však považovat za zcela samostatný systém. Má v podstatě jen funkci spojovat smyslové orgány a výkonné orgány s CNS.

Jestliže nervový obvod zahrnuje jak periferní, tak centrální složku, můžeme jej označit jako vnější nervový obvod. Neurony, jejichž některé úseky patří do periferní složky nervové soustavy, rozlišujeme na neurony sensorické a motorické. Smyslové neurony vedou signály ze smyslových orgánů do CNS, neurony motorické z CNS k výkonným orgánům. Všechny neurony, které jsou zcela uloženy uvnitř CNS, nazýváme interneurony. Neurony sensorické označujeme také jako neurony aferentní (dostředivé) a neurony motorické jako eferentní (odstředivé). Stejně označujeme i příslušná nervová vlákna.

Obvod, kde jsou mezi sebou synapticky spojeny sensorický a motorický neuron, je nejjednodušší **nervový** obvod. Mezi sensorický a motorický neuron bývá v centrální

nervové soustavě zařazen obvykle jeden nebo více intemeuronů, čímž se obvod stává složitějším. Nervovým obvodům složeným ze sensorického neuronu a motorického neuronu, které jsou spojeny buď přímo, nebo prostřednictvím interneuronů, říkáme **reflexní oblouk**. Nervový děj, při kterém se přenáší signál z čidla nervovou dráhou k výkonnému orgánu, se nazývá reflex. Je odpovědí organismu na dráždění receptorů.

Reflexy, které jsou vrozené, tzn. reflexy, jejichž dráhy, a tím vlastně i jejich průběh, jsou již zaznamenány v genetickém kódu, nazýváme podle ruského fyziologa I. P. Pavlova **reflexy nepodmíněné**. K jejich vzniku a průběhu není třeba zvláštních podmínek na rozdíl od tzv. reflexů podmíněných, poprvé popsanych Pavlovem.

**Podmíněné reflexy** vznikají na základě spojení tzv. podmíněného podnětu, kterým může být jakýkoliv indiferentní podnět (např. zvuk zvonku) s nepodmíněným reflexem (např. slinným reflexem).

## **CENTRÁLNÍ NERVOVÁ SOUSTAVA. MÍCHA A MOZEK**

Jedním z principů organizace neuronů v nervové soustavě je seskupování neuronů v nervové obvody. Dalším principem je **centralizace neuronů** tj. vytváření nervových center (u obratlovců v páteři a v hlavě). Centralizace spojená se zvětšováním počtu interneuronů v nervových centrech dává větší možnosti řídit organismus jako celek.

### ***Mícha***

---

Část nervové trubice ležící uvnitř páteřního kanálu a dlouhá asi 40-45 cm se nazývá mícha (mícha páteřní- medulla spinalis). Horní konec míchy přechází plynule v prodlouženou míchu. U člověka vystupuje z míchy 31 párů míšních nervů, které se rozlišují na krční, hrudní, bederní, křížové a kostrční. Obsahují vlákna smyslová, motorická a některá vegetativní (autonomní).

Na průřezu míchou je patrná její nervová tkáň - hmota. Šedou hmotu tvoří převážně těla neuronů s výběžky, bílou hmotu nervové dráhy (myelinizované axony neuronů). Šedá hmota má na průřezu tvar motýlích křídel (písmeno H). V jejích zadních rozích končí nervová vlákna smyslových neuronů vstupující do míchy **zadními = dorzálními kořeny** (dorzální- uložený vzadu). Těla těchto neuronů se nacházejí v tzv. **míšních gangliích**, což jsou shluky těl neuronů uložené mimo vlastní míchu v otvorech mezi obratli. Vlákna smyslových neuronů se přepojují v míše na intemeurony nebo přímo na motorické neurony uložené v předních rozích šedé hmoty. Odtud vystupují z míchy axony motorických neuronů v podobě svazků označovaných jako přední = ventrální kořeny (ventrální - uložený vpředu). Nervová vlákna předních a zadních kořenů se spojují v míšní nervy.

Některé smyslové signály se převádějí (až do mozku (*vzestupné sensorické dráhy*)). Jiné nervové dráhy vedou z mozku do míchy, končí na motorických neuronech a zprostředkují tak ovládání svalstva nervovými centry v mozku (*sestupné sensorické dráhy*).

Přerušení sestupných drah nebo poškození motorických neuronů způsobuje vážné poruchy hybnosti. Dochází buď k částečnému ochrnutí svalů (**paréze**), nebo k úplné ztrátě svalové činnosti (**plegie**). Ochrnutí obou dolních končetin se nazývá **paraplegie**.

Funkce míchy je tedy jednak přívodní, zprostředkovává oboustranné spojení mezi mozkem a míchou a jednak je centrem různých míšních reflexů.

## **Mozek**

---

Zpracovává vstupní signály ze smyslových orgánů a vytváří signály výstupní, které odesílá k výkonným orgánům na základě jednoduchých reflexních mechanismů. Výkonné orgány jsou v tomto případě soustředěny okolo ústní dutiny a hlavy. Podobně jako u míchy jde o činnost reflexní, která zahrnuje nejbližší okolí (svaly obličeje, slinné žlázy). Daleko významnější funkcí mozku je integrace a koordinace aktivit, které se vztahují ke všem částem těla.

Mozek vznikl zvětšováním nervové trubice v jejím hlavovém úseku.

Nejprogresivnější oddíly jsou nejvíce vpředu.

U obratlovců se v embryonálním vývoji původní nervová trubice rozčlení nejprve na tři části: mozek přední, střední a zadní. Přední mozek se potom diferencuje na mozek koncový a mezimozek, zadní mozek na prodlouženou míchu a mozeček. Mozek má potom pět částí:

- **prodlouženou míchu**
- **mozeček.**
- **střední mozek**
- **mezimozek a koncový mozek.**

U savců se mezi prodlouženou míchou a středním mozkem rozlišuje šestá část mozku - **most**, podobný strukturou prodloužené míše. V mostu probíhají vývojově nové dráhy spojující mozkovou kůru s mozečkem. Prodlouženou míchu, most a střední mozek označujeme jako **mozkový kmen**.

Středem míchy prochází **míšní kanálek**, který ústí do dutiny v prodloužené míše, do tzv. **IV. mozkové komory**. Odtud vychází **Sylviusův kanálek**, spojující IV. mozkovou komoru s III. komorou ležící v mezimozku. I. a II. mozková komora (postranní komory) jsou uloženy v hemisférách koncového mozku. Mozkové komory a míšní kanálek obsahují **mozkomíšní mok (likvor)**.

Mozek i mícha jsou na svém povrchu kryty třemi obaly (meningy). Zevní obal, **vazivová tvrdá plena** - přiléhá pevně k lebečním kostem. Pod ní je jemnější obal - **pavučnice** - a ještě hlouběji, přímo k povrchu mozku a míchy se přikládá jemná a cévami zásobená **omozečnice**. Mezi oběma měkkými plenami je úzký prostor, ve kterém se pohybuje kolem centrálního nervstva mozkomíšní mok. Dostává se tam malým otvorem ve IV. mozkové komoře.

## **Prodloužená mícha a most**

---

V lebeční dutině navazuje na páteřní míchu prodloužená mícha (medulla oblongata). Smyslové oblasti prodloužené míchy jsou v části dorzální, motorické jsou v části ventrální.

Některé neurony jsou v prodloužené míše a mostu, podobně jako v jiných částech mozku, seskupeny ve shluky neuronů - **jádra**. V nich začínají motorická a končí senzorická vlákna většiny hlavových nervů.

Hlavových nervů kterých je 12 párů, se tak nazývají proto, že inervují oblast hlavy. Označují se anatomickými názvy a čísly. Zprostředkují reflexní aktivitu v oblasti obličeje. Ovládají svaly obličeje, svaly oka - okohybné svaly, svaly jazyka, ale i hltanu. X. hlavový nerv (nerv bloudivý) inervuje i vnitřní orgány.



V prodloužené míše jsou důležitá centra – dýchací, kardiovaskulární (řídí dýchací a oběhovou soustavu, krevní tlak, podílí se na řízení tráv. st., vyluč. st.). Jsou tu i centra reflexů, polykání, slinění, zvracení. Některé neurony mají význam v udržování bdělého stavu, protože aktivují mozkovou kůru. V prodloužené míše probíhají i důležité vzestupné (senzorické) a sestupné (motorické) nervové dráhy. Některé dráhy pouze procházejí, jiné jsou synapticky přepojovány.

---

### **Mozeček**

---

Mozeček (cerebellum) vzniká jako zvláštní nervové centrum na dorzální straně přední části prodloužené míchy. Je důležitým sensoricko-motorickým centrem. Koordinuje na základě různých informací motorickou aktivitu a udržování polohy těla.

---

### **Střední mozek**

---

Je za prodlouženou míchou a mostem. Také jím procházejí významné vzestupné a sestupné nervové dráhy (tzv. stonky středního mozku). Jsou zde jádra dvou hlavových nervů (III., IV.).

Část středního mozku, která je nad původní částí mozkového kmene, představuje u savců tzv. čtverhrbolí. U nižších obratlovců se nazývá střecha (tectum).

Přední dva hrbolky jsou centry zrakových reflexů zabezpečujících pohybovou souhru očí. Zadní hrbolky mají funkci sluchovou, ale jen v tom smyslu, že zprostředkují reflexní pohyb hlavy za zdrojem zvuku. Zatímco u nižších obratlovců tyto oblasti byly nejvýznamnějším místem zpracování zrakových a sluchových informací, u savců jsou tyto funkce lokalizovány v kůře koncového mozku.

---

### **Mezimozek**

---

Střední mozek v přední části přechází v mezimozek (diencephalon) tvořený párovými útvary vejčitého tvaru nazývanými thalamus a nepárovým hypothalamem.

**Talamus** je předstupněm mozkové kůry. Procházejí jím všechny smyslové dráhy a uskutečňuje se zde hrubší integrace smyslových informací. Má také funkce motorické. Soudí se, že se podílí i na vytváření pocitu našeho vlastního já.

**Hypotalamus** je nejvyšším centrem řídícím činnost vnitřních orgánů. Jeho funkce je integrační. Sladuje činnost jednotlivých vnitřních orgánů v komplexní odpovědi. Integruje funkce dýchací, oběhové, trávicí, tělesnou teplotu, ale i rozmnožování. Jednou připravuje činnost vnitřních orgánů (oběhové, dýchací, trávicí soustavy)

Mezi orgány, které hypotalamus řídí, patří také hypofýza (podvěsek mozkový). Spojením hypotalamu s hypofýzou se dosahuje úzké součinnosti mezi nervovou a humorální soustavou (= látková, hormonální) při řízení tělesných funkcí.

---

### **Koncový mozek (velký mozek)**

---

Koncový mozek je u člověka největší částí mozku, je rozdělen na pravou a levou polokouli - hemisféru. Je tvořen strukturami uloženými na povrchu hemisfér

- mozková kůra (neokortex)
- bazální ganglia
- limbický systém.

Kromě toho obsluhuje výrazné útvary tvořené nervovými drahami, které spojují pravou a levou hemisféru - tzv. mozkový trámec - corpus callosum (též vazník mozkový).

## **MOZKOVÁ KŮRA (NEOKORTEX)**

je vývojově nejmladší část centrální nervové soustavy. Na povrchu mozkových hemisfér tvoří plášť o tloušťce 2-5 mm, obsahující přibližně 14 miliard neuronů (celý mozek má asi 30 miliard neuronů). Protože tato část hemisfér je složena převážně z nervových buněk, nikoliv z myelinizovaných nervových vláken, označuje se jako šedá kůra mozková (šedá hmota – na rozdíl od bílé hmoty tvořené myelinizovanými nervovými vlákny).

Neurony jsou v mozkové kůře uloženy v žesti vrstvách. Krátkými výběžky jsou spolu bohatě spojeny, čímž vzniká jakási síťovitá struktura. Rozsáhlost této sítě neuronů naznačuje skutečnost, že na ploše 1 mm: o tloušťce 2,5 mm je uloženo asi 60 000 neuronů.

Pouhé zvětšování hemisfér nestačilo zajistit vývoj mozkové kůry savců vzhledem ke zvyšujícímu se počtu nervových vláken. Další vývoj umožnilo zprohýbání mozkové kůry do mnoha závitů (gyrů), které významně zvětšují její povrch (gyrifikace). Mezery mezi závity se nazývají rýhy (sulci).

Podle typických rýh se rozčleňují hemisféry u člověka do čtyř laloků:

- přední – čelní
- temenní
- spánkové

Z funkčního hlediska představuje u savců kůra v přední části hemisfér oblast motorickou (čelní lalok) a kůra zadní části oblast senzoryckou. V týlním laloku je centrum zrakové, ve spánkových centrum sluchové. Centrum pro signály z receptorů kožních a svalových je uloženo v temenním laloku blízko motorické oblasti v čelním laloku. U člověka zaujímají motorické a senzorycké oblasti poměrně malou část neokortexu. Mozková kůra člověka je nápadná mohutným rozvojem asociačních oblastí. Jsou sídlem nervových procesů. Které označujeme jako myšlení.

V asociačních oblastech kůry integrují informace ze smyslových center v kůře společně s emocemi a pamětí a vytváří se tak lidské vědomí.

Centrum řeči je, logika, exaktní myšlení jsou v levé hemisféře, v pravé jsou pak centra vnímání, intelektuální centra a vnímání hudby.

**Bazální ganglia**, což jsou skupiny neuronů uložené pod mozkovou kůrou, jsou jednou z nejvýznamnějších oblastí vytvářejících pohybovou aktivitu. Přisuzují se jim ale i další funkce, což ukazuje, že jednotlivé vyšší nervové funkce nelze zcela lokalizovat jen do jedné nervové struktury.

**Limbický systém** (limbus - lem) je soustava několika anatomicky dobře definovaných, vývojově starých oblastí koncového mozku, které jsou nervovými drahami spojeny s

hypotalamem ve funkční celek. Prostřednictvím limbického systému se uskutečňuje komplexní instinktivní a emocionální chování. Aktivity, které mají svůj původ v limbickém systému, jsou spojeny se silnou motivací, což znamená, že organismus při aktivitě vyvíjí značné úsilí o dosažení určitého specifického cíle. Systém hraje dále roli v procesu formování paměti.

## **SOMATICKÁ A VEGETATIVNÍ NERVOVÁ SOUSTAVA**

Nervová soustava tvoří anatomicky i fyziologicky jeden celek, řídí však dva odlišné výkonné celky:

- kosterní svalstvo a útrobní orgány, které jsou v rámci jedné nervové soustavy řízeny odděleně. (Kosterní svalstvo ovládáme vůlí, útrobní orgány však nikoliv.) Určitá spolupráce však při řízení obou oddílů existuje. Například při zvýšené pohybové aktivitě musí být současně zajištěna zvýšená činnost oběhové soustavy.

Část nervové soustavy, která řídí kosterní svalstvo, se nazývá **somatická**, část, která řídí činnost **vnitřních** orgánů, vegetativní (autonomní).

### ***Řízení činnosti kosterního svalstva***

Lokomoce = složitější pohyb.

Schopnost organismu vyrovnávat se s prostředím a aktivně do něj zasahovat není však jen pouhou lokomocí. Motorická činnost má adaptivní charakter a vytváří se ve složitých nervových obvodech v mozku, kdy jsou zapojeny různé oblasti kůry, a to nejen motorické, ale i smyslové a motivační oblasti podkorové, určující směr chování. Podle složitosti jsou do těchto dějů zapojeny také korové oblasti asociační.

### **Tři úrovně řízení motorické činnosti:**

1. *Mícha*: Motorické dráhy, které přímo aktivují kosterní svaly, vycházejí z motorických neuronů ve ventrálních rožích. Motorické neurony jsou jednak součástí reflexních drah (reflexních oblouků), jednak jsou ovládány z různých oblastí mozku.
2. *Mozkový kmen*: Nejstarší oddíly řídící motorickou činnost z mozku jsou uloženy v mozkovém kmenu (prodloužená mícha a střední mozek).
3. *Mozková kůra*: U člověka je nejvyšší oblastí řídící motorickou činnost motorická kůra koncového mozku v čelním laloku.

**Přímá dráha** zde znamená, že jednotlivá nervová vlákna vedou k motorickým neuronům v mžce bez přerušení na rozdíl od dráhy nepřímé. Tato dráha se označuje jako dráha kortikospinální nebo také pyramidová. Z každé hemisféry vychází jedna taková dráha, obsahující přibližně jeden milion nervových vláken. Převádí signály pro jemné, zručné, rychlé svalové pohyby založené na zkušenosti.

**Nepřímá dráha** je tvořena více neurony. Proto trvá o něco déle, než se jejím prostřednictvím dostanou signály až k měním motoneuronům. Součástí nepřímé dráhy jsou motorická centra v mozkovém kmenu. Nepřímá dráha slouží k provádění pohybů neúmyslných při udržování polohy a postoje (opěrná motorika). Za normálních okolností zahrnuje pohyb aktivitu v obou systémech, přímém i nepřímém.

Většina motorických drah vycházejících z mozku se dříve než vstoupí do míchy kříží v prodloužené míše a to tak, že dráhy z levé strany mozku přecházejí na pravou a z pravé na levou. Poškození v jedné části mozku (mozková mrtvice) se projeví proto poruchou hybnosti na straně opačné.

## **ŘÍZENÍ ČINNOSTI VNITŘNÍCH ORGÁNŮ**

Nervový systém, který řídí činnost vnitřních orgánů (oběhové soustavy - srdce a cév, trávicí a vylučovací soustavy, pohlavních orgánů) a dále činnost hladkých svalů ovládajících napřimování svalů vlasů a chlupů v kůži, sekreci potních žláz, slzných žláz a dřeně nadledvin se označuje jako vegetativní systém. Souhrnně lze jeho činnost označit jako řízení činnosti hladkého svalstva, žláz a srdce.

Za autonomní se označuje proto, že jeho činnost je nezávislá na naší vůli na rozdíl od systému somatického řídicího činnosti kosterního svalstva. Oba systémy však nelze chápat jako naprosto oddělené, protože jsou součástí jednoho centrálního nervového systému. Proto mohou být některé typicky vegetativní funkce podřízeny volní kontrole. Například vyprazdňování močového měchýře.

**Eferentní nervová vlákna vegetativní nervové soustavy** vycházejí z mozku a z míchy a dělí se na dva velké oddíly: **sympatikus a parasympatikus**.

Eferentní nervová vlákna sympatiku vycházejí z hrudní a bederní míchy. Nervová vlákna parasympatiku vystupují (z různých jader v mozkovém kmenu a z křížových úseků míchy). Eferentní složka vegetativní nervové soustavy je vždy složena ze dvou neuronů, které jsou přepojovány v synapsích v periferních gangliích (ganglion je shluk buněčných těl neuronů). Synapse sympatiku jsou uloženy v gangliích podél páteře (paravertebrální ganglia). Ganglia jsou mezi sebou propojena podél páteře nervovými vlákny. Vytváří se tak pruh nervové tkáně nazývaný sympatický kmen. Některá ganglia sympatiku leží samostatně v blízkosti centrální nervové soustavy.

Ganglia parasympatiku jsou většinou uložena až v těsné blízkosti inervovaného orgánu (ganglia terminální). Nejvýznamnějším parasympatickým nervem je bloudivý nerv (X. hlavový nerv).

**Většina vnitřních orgánů je inervována jak sympatikem, tak parasympatikem.** U některých orgánů mají obě složky zcela zřetelně antagonistickou funkci. Například sympatikus zrychluje srdeční činnost, parasympatikus ji zpomaluje.

U jiných orgánů převládá inervace buď sympatikem, nebo parasympatikem. Činnost sympatiku a parasympatiku je koordinována nadřazenými oblastmi CNS. Podobně jako u somatické nervové soustavy i zde můžeme rozlišit několik regulačních úrovní.

**1. K jednoduché reflexní aktivitě** dochází již na úrovni míchy. Jsou zde centra reflexů ovládajících vyprazdňování močového měchýře a střev a pohlavní reakce.

**2. Složitější vegetativní funkce** jsou ovládány z prodloužené míchy. Přestože centra v prodloužené míše řídí životně důležité funkce (oběhovou soustavu, trávicí soustavu a jiné), nejsou schopna integrovat činnost vnitřních orgánů zcela samostatně. Úplná integrace se uskutečňuje v hypotalamu.

**3. Hypotalamus je nejvyšším nervovým centrem** vegetativní nervové soustavy. Nervová aktivita v hypotalamu nevyvolává vegetativní reakce jednotlivě, ale uvádí v činnost celé komplexy reakcí současně.

Z hypotalamu je řízen příjem potravy a vody, neboť hypotalamus nejen že ovlivňuje činnost trávicí soustavy, ale je nervovým centrem dávajícím vznik pocitu hladu a žízně. Primární roli přitom hrají receptory v hypotalamu zaznamenávající koncentraci glukózy v krvi a osmotický tlak plazmy.

Hypotalamus ovlivňuje různé vegetativní funkce nejen nervovou, ale i humorální cestou prostřednictvím hypofýzy.

Aktivace sympatiku řízená z hypotalamu vždy znamená přípravu organismu na fyzickou a psychickou zátěž (např. zvýšení srdeční činnosti, zvýšení přísunu krve a glukózy do činných tkání, změny v termoregulačních pochodech). účinky parasympatiku jsou opačné. Směřují k zotavení organismu.

Uplatňují se, když je organismus v klidu, a jsou založeny na výrazném zvýšení sekrece a hybnosti v trávicí trubici. Celkově se tím podporuje přívod živin do tkání z trávicí soustavy a navazují se zotavovací děje. V obou případech hypotalamus prostřednictvím sympatiku i parasympatiku plní funkce homeostatické, zajišťuje vnitřní stabilitu organismu.

Pro zdraví organismu je důležité, aby byla zachována rovnováha mezi obdobími, kdy je aktivován sympatikus a kdy parasympatikus. Nepřiměřená fyzická námaha a psychické vypětí způsobují, že převažuje aktivita spojená s činností sympatiku, což se nepříznivě obrazí na celkovém stavu organismu.

## **FYLOGENEZE NERVOVÉ SOUSTAVY**

### **Prvoci:**

- jádra (velké má řídicí funkci, malé rozmnožovací)

### **Houby:**

- mají primitivní difúzní (= rozptýlenou) soustavu v buňkách mezogley

### **Láčkovci:**

- difúzní soustava, buňky jsou pospojovány vlákny

*Gangliová NS: má vždy v hlavové části 1 nebo 2 páry uzlin, potom uzlinu v každém článku těla, větší funkci mají ale hlavové uzliny*

### **Medúzovci:**

- kromě difúzní mají i radiální uzlinovou gangliovou soustavu (ganglia = nervové uzliny)

### **Ostnokožci:**

- vyvíjí se nervový kruh kolem jícnu = ambulakrální prstenec, zahrnuje 5 silných nervových pruhů

### **Člámkování živočichové:**

- mají žebříčkovitý typ gangliové soustavy
- kroužkovci, členovci

### **Ploštěnci:**

- gangliová soustava, velké uzliny v hlavové části, z nich vybíhají nervové pruhy a z těch někdy postranní větvičky

**Hlístice:**

- ganglia kolem jícnu, z uzlin vybíhají nervové pruhy (nervy)

**Kroužkovci, členovci:**

- žebříčkovitá soustava, u vyšších členovců je i břišní nervová páska, hlavní úlohu přebírá mozková uzlina

**Měkkýši:**

- mají uzliny v různých částech těla, mozková + několik útrobních uzlin (2-3) + pedální uzliny (nejč. 1-2)
- je to gangliová soustava, žebříčkovitá je vývojově mladší

*Trubicovitá NS: vzniká z ektodermu a dělí se na CNS a obvodové nervstvo, patří k ní vyspělý mozek.*