AUTONÓMNY (VEGETATÍVNY) NERVOVÝ SYSTÉM

Autonómny nervový systém - úvod

Pod **autonómnym nervovým systémom** sa rozumie tá časť nervovej sústavy, ktorá slúži k riadeniu činnosti vnútorných orgánov.

Autonómny nervový systém inervuje:

- hladké svalstvo ciev
- hladké svalstvo tráviaceho systému
- hladké svalstvo močového mechúra a močových ciest
- hladké svalstvo dolných dýchacích ciest
- srdcový sval
- potné, tráviace a slzné žľazy
- nadobličky

Podobne, ako pri riadení somatických funkcií, je pomerne veľká časť autonómnych regulácii riadená na podklade **reflexného oblúka**.

Autonómny nervový systém – rozdelenie

Autonónmy nervový systém

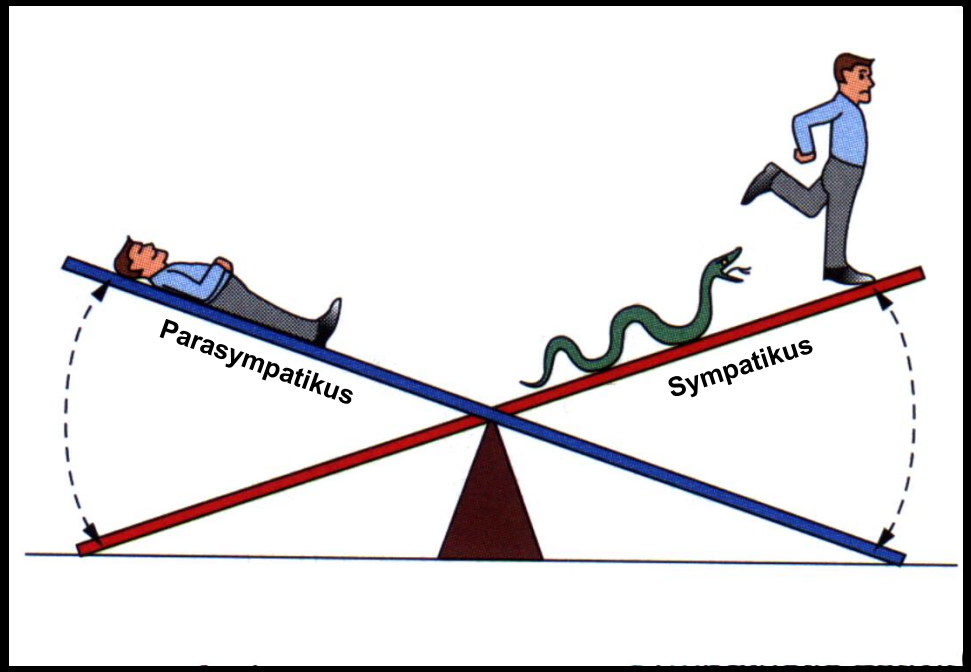
Sympatikus

- thorakolumbálna časť autonómneho nervového systému

Parasympatikus

- kraniosakrálna časť autonómneho nervového systému

Autonómny nervový systém – charakteristika jednotlivých častí



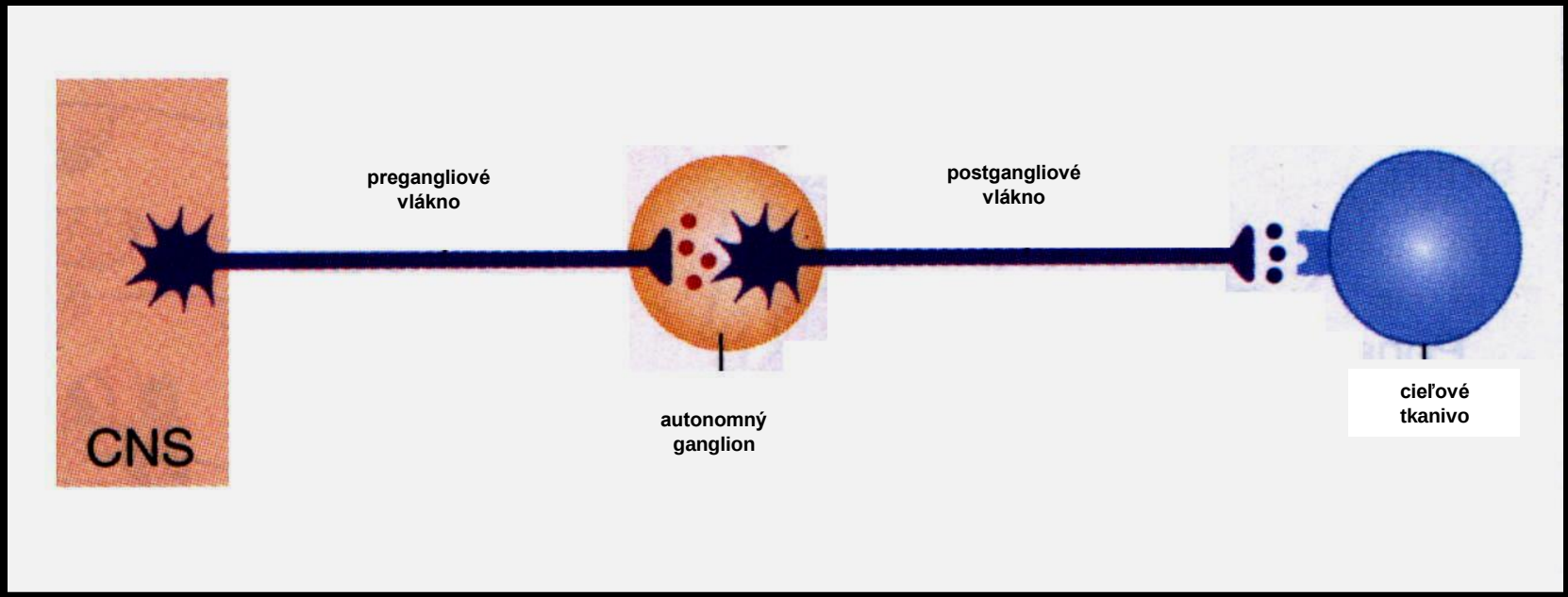
„Pokoj a trávenie (rest-and-digest)“ – aktivita parasympatika dominuje.

Parasympatiková časť sa uplatňuje v pokojových podmienkach a najmä pri prelaďovaní organizmu z energeticky náročných záťažových stavoch na normálny pokojový stav.

„Boj alebo ústup (fight-or-flight)“ – aktivita sympatika dominuje.

Sympatiková časť sa uplatňuje spravidla pri príprave organizmu na situácie spojené s predpokladaným vysokým výdajom energie a to najmä v tzv. núdzových situáciach pri vážnom ohrození.

Autonómny nervový systém – autonómne dráhy



Eferentná dráha sa skladá z dvoch neurónov:

- prvý z nich je uložený v mozgovom kmeni, alebo v mieche a označuje sa ako preganglionový neurón.

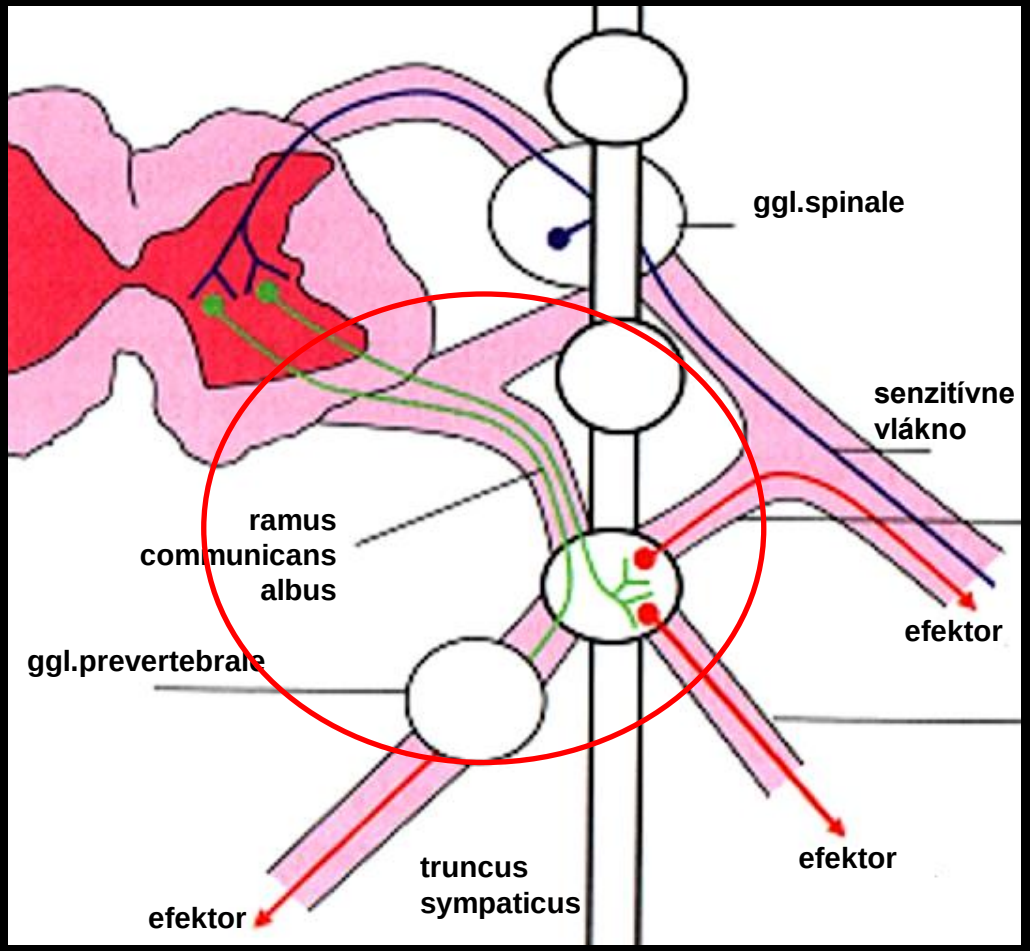
- druhý neurón je uložený v gangliách, alebo v samotnom orgáne a označuje sa ako postganglionový neurón.

Autonómny nervový systém – anatómia periférnej časti

SYMPATIKUS – torakolumbálna časť

Axóny neurónov z C8-L3 (ncl.intermedialis a ncl.intermediolateralis) opúšťajú miechu prednými koreňmi rami communicantes albi a vstupujú do truncus sympaticus. Tu se väčšina neurónov prepája.

Len časť sa prepája v prevertebrálnych gangliach.

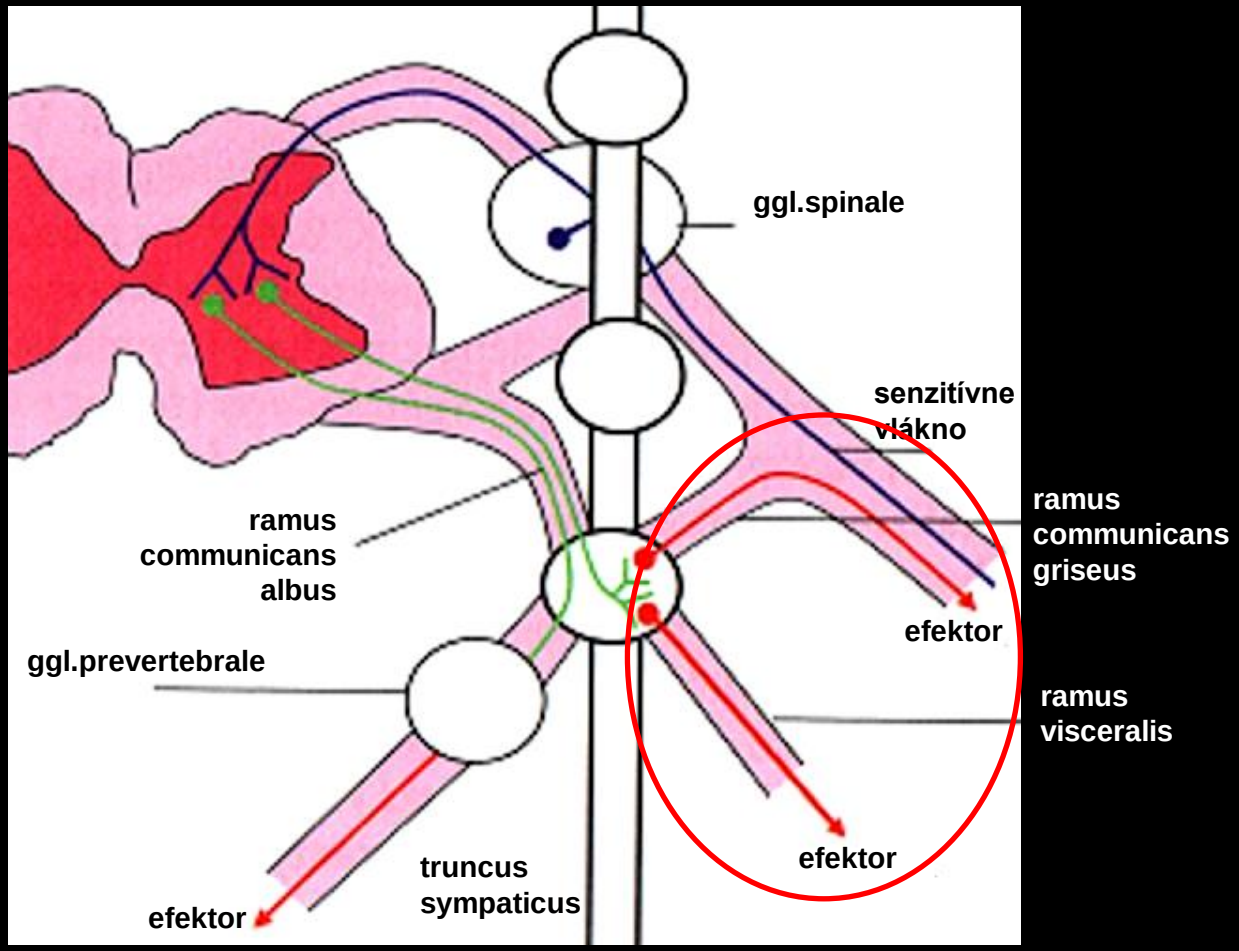


Autonómny nervový systém – anatómia periférnej časti

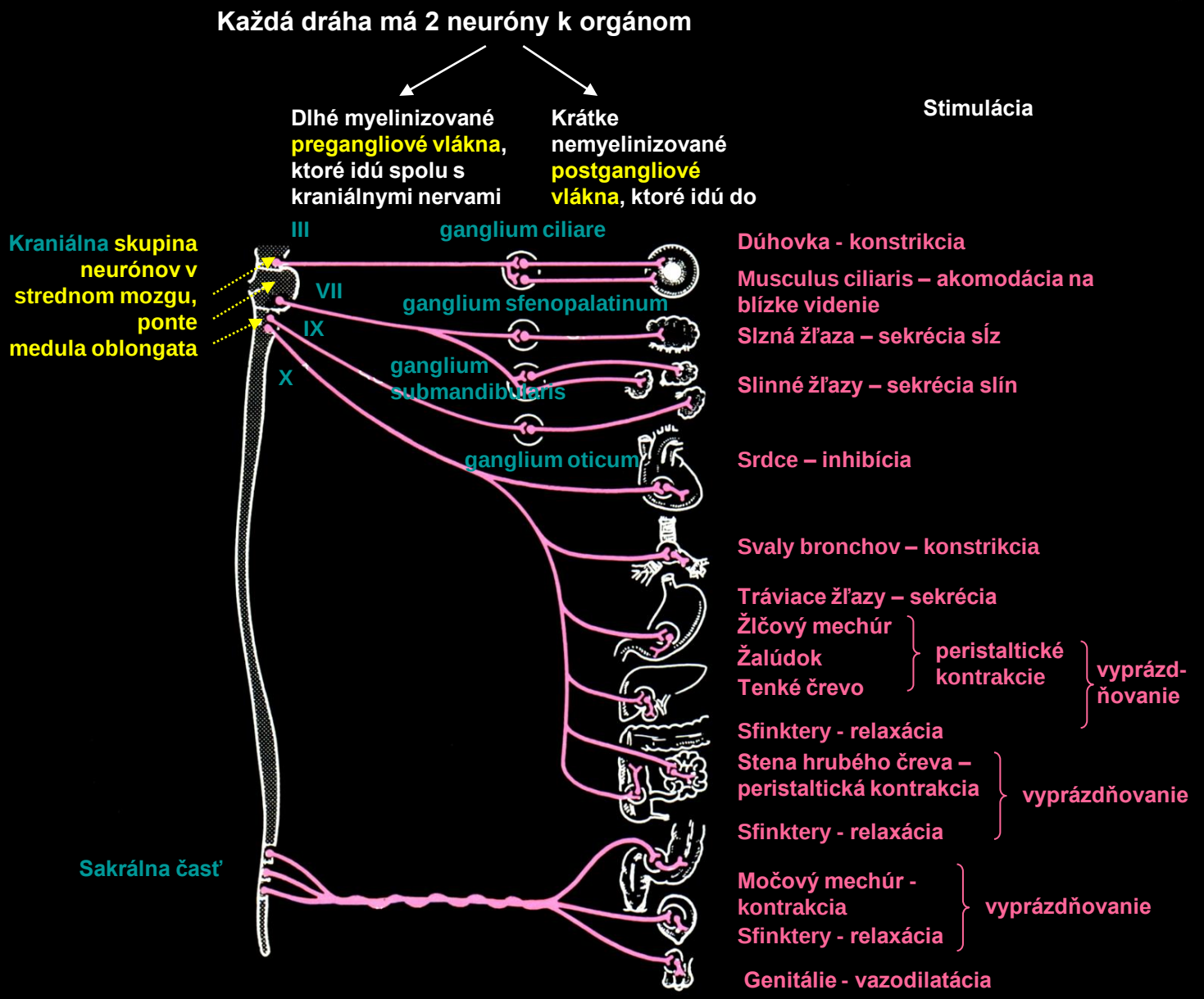
SYMPATIKUS – torakolumbálna časť

Postgangliové vlákna ďalej postupujú k orgánom buď cez rami viscerales (z truncus sympaticus) alebo rami communicantes grisei a ďalej senzitívnym neurónom do periférie (hlavne kože).

Vlákna vystupujúce z rami viscerales sa splietajú do pletení a postupujú najčastejšie periarteriálne.



Autonómny nervový systém – eferentný parasympatikus



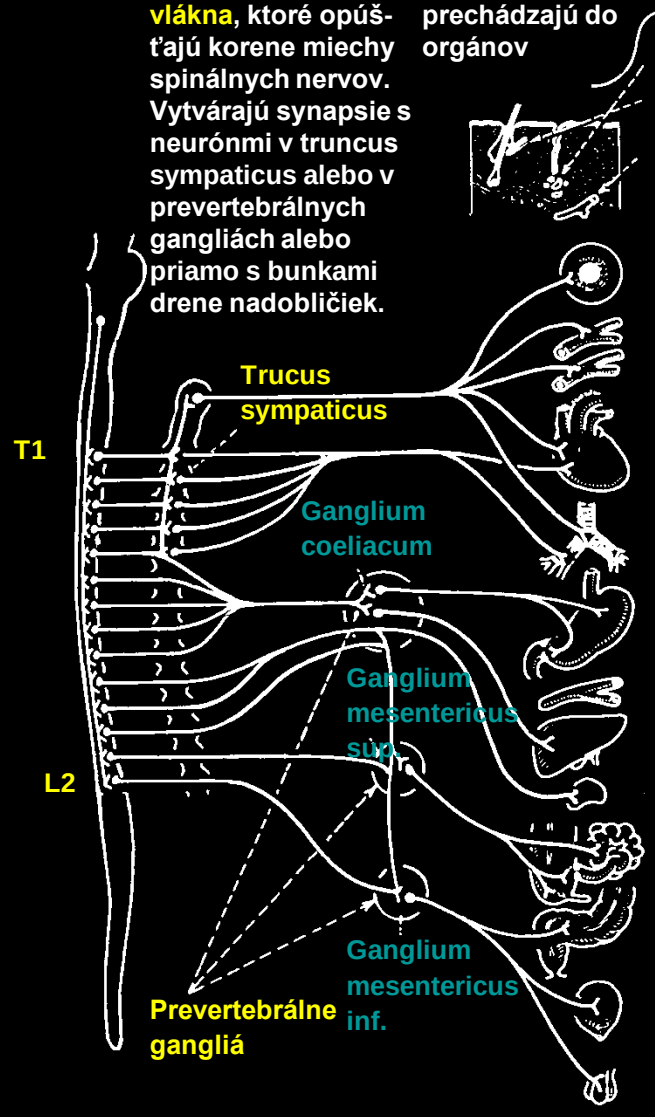
Autonómny nervový systém – eferentný sympatikus

Každá dráha má 2 neuróny k orgánom

Krátke myelinizované **preganglionové vlákna**, ktoré opúšťajú korene miechy spinálnych nervov. Vytvárajú synapsie s neurónmi v truncus sympaticus alebo v prevertebrálnych gangliách alebo priamo s bunkami drene nadobličiek.

Dlhé **postganglionové vlákna**, ktoré prechádzajú do orgánov

Stimulácia

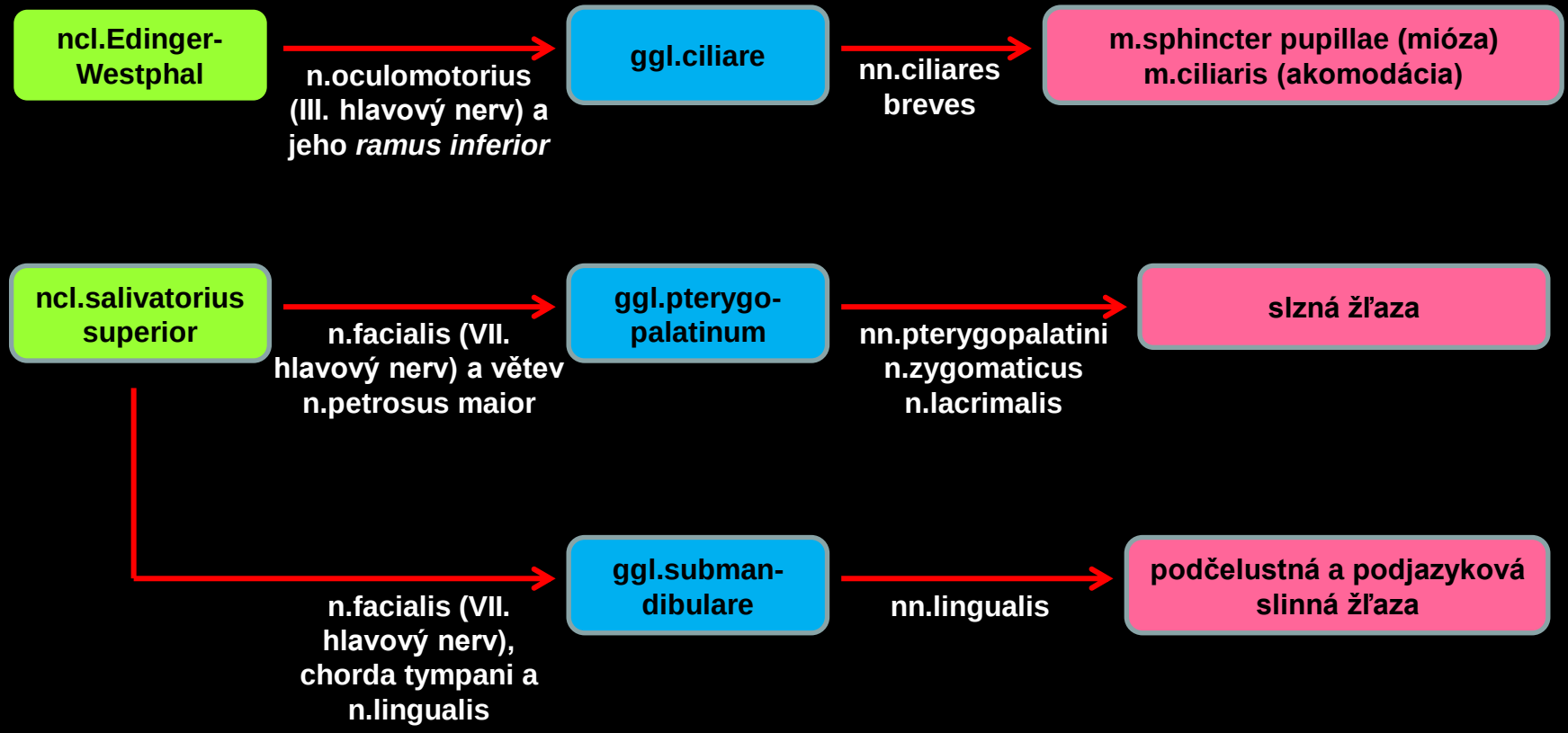


Z neurónov nachádzajúcich sa v laterálnych rohoch thorakálnej a lumbárnej časti spinálnej miechy.

- Potné žľazy - sekrécia
- Hladké svalstvo v koži - kontrakcia
- Cievy v koži - konstrikcia
- Dúhovka - dilatácia
- Cievy v hlave - konstrikcia
- Cievy kostrových svalov horných končatín - relaxácia
- Srdce - stimulácia
- Bronchiálne svalstvo - relaxácia
- Stena žalúdka - relaxácia
- Sfinktery - konstrikcia
- Cievy v žalúdku - konstrikcia
- Pečeň – mobilizácia glykogénu
- Dreň nadobličiek – sekrécia adrenalínu
- Tenké črevo a stena hrubého čreva – relaxácia
- Sfinktery – konstrikcia
- Stena močového mechúra – relaxácia
- Sfinkter – konstrikcia
- Genitálie – konstrikcia

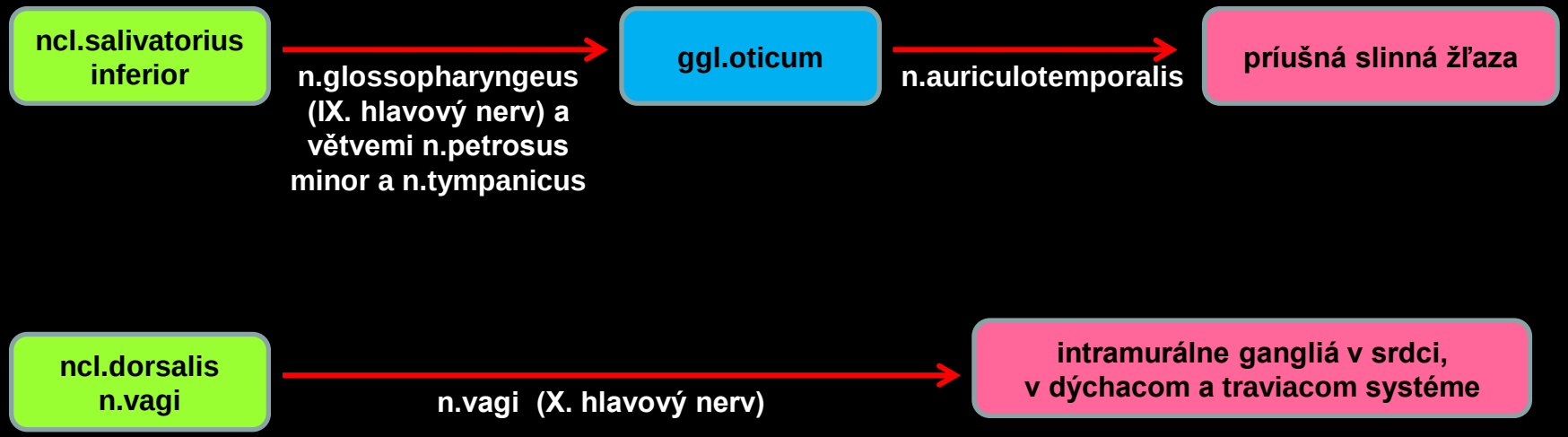
Autonómny nervový systém – anatómia periférnej časti

PARASYMPATIKUS – kraniálna časť



Autonómny nervový systém – anatómia periférnej časti

PARASYMPATIKUS – kraniálna časť



Autonomní nervový systém – anatomie periférní části

PARASYMPATIKUS – sakrální část

Začíná v ncll.intemediolaterales, kde axony opouštějí míchu předními kořeny a po krátkém průběhu sakrálními nervy vytvářejí plexus hypogastricus inferior.

Autonómny nervový systém - mediátory

ACETYLCHOLÍN

- viaže sa na membránové receptory dvojakého druhu – muskarínové a nikotínové

Muskarínové receptory – sú na membránach efektorových buniek, teda medzi terminálmi postgangliových parasympatikových a sympatikových cholinergických vlákien a výkonnými orgánmi. Ich aktivácia má pomalší excitačný účinok.

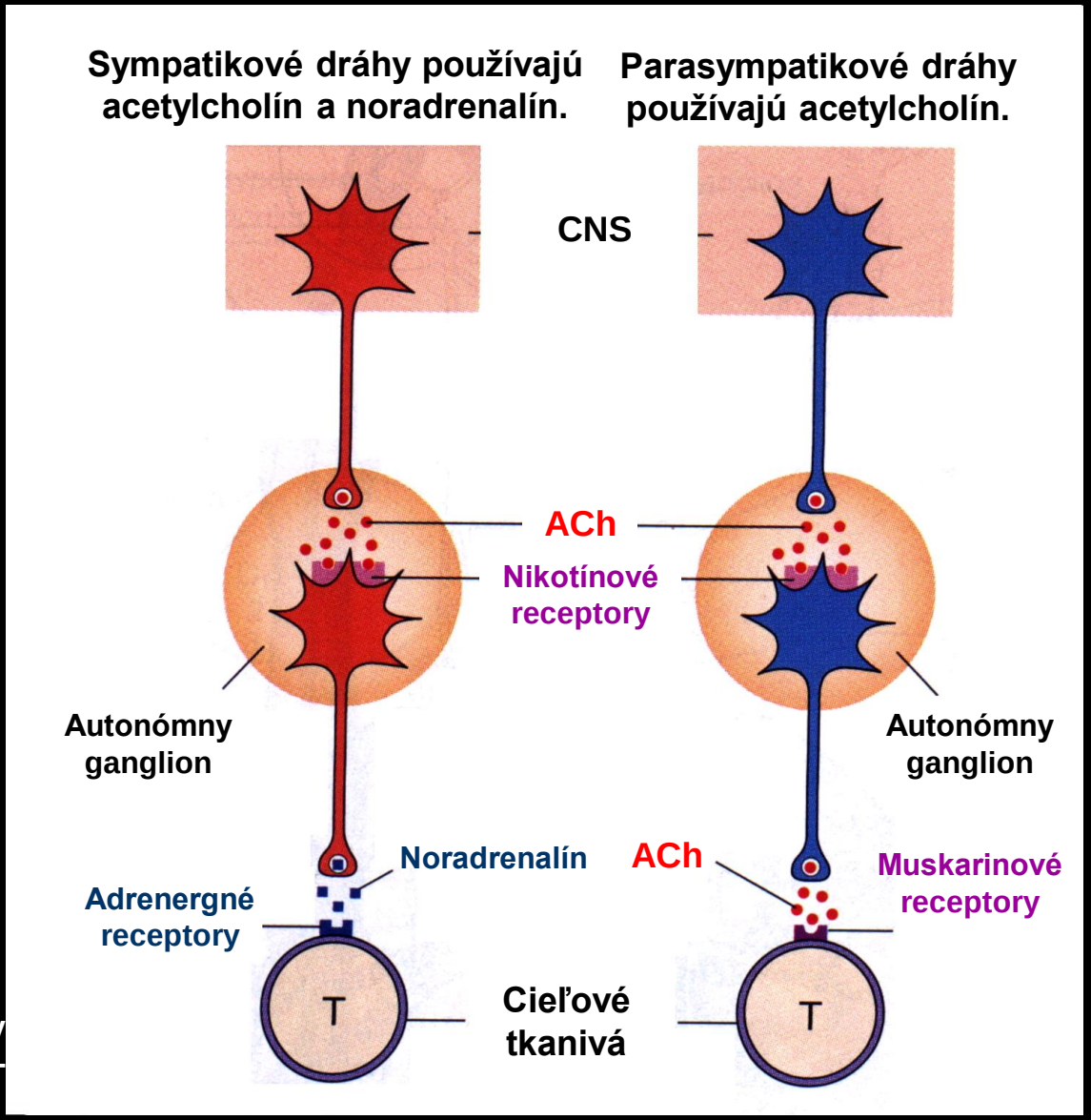
Nikotínové receptory – nachádzajú sa na membránach gangliových neurónov parasympatika a sympatika a ich aktivácia má rýchly depolarizačný, teda excitačný účinok na gangliové neuróny.

NORADRENALÍN

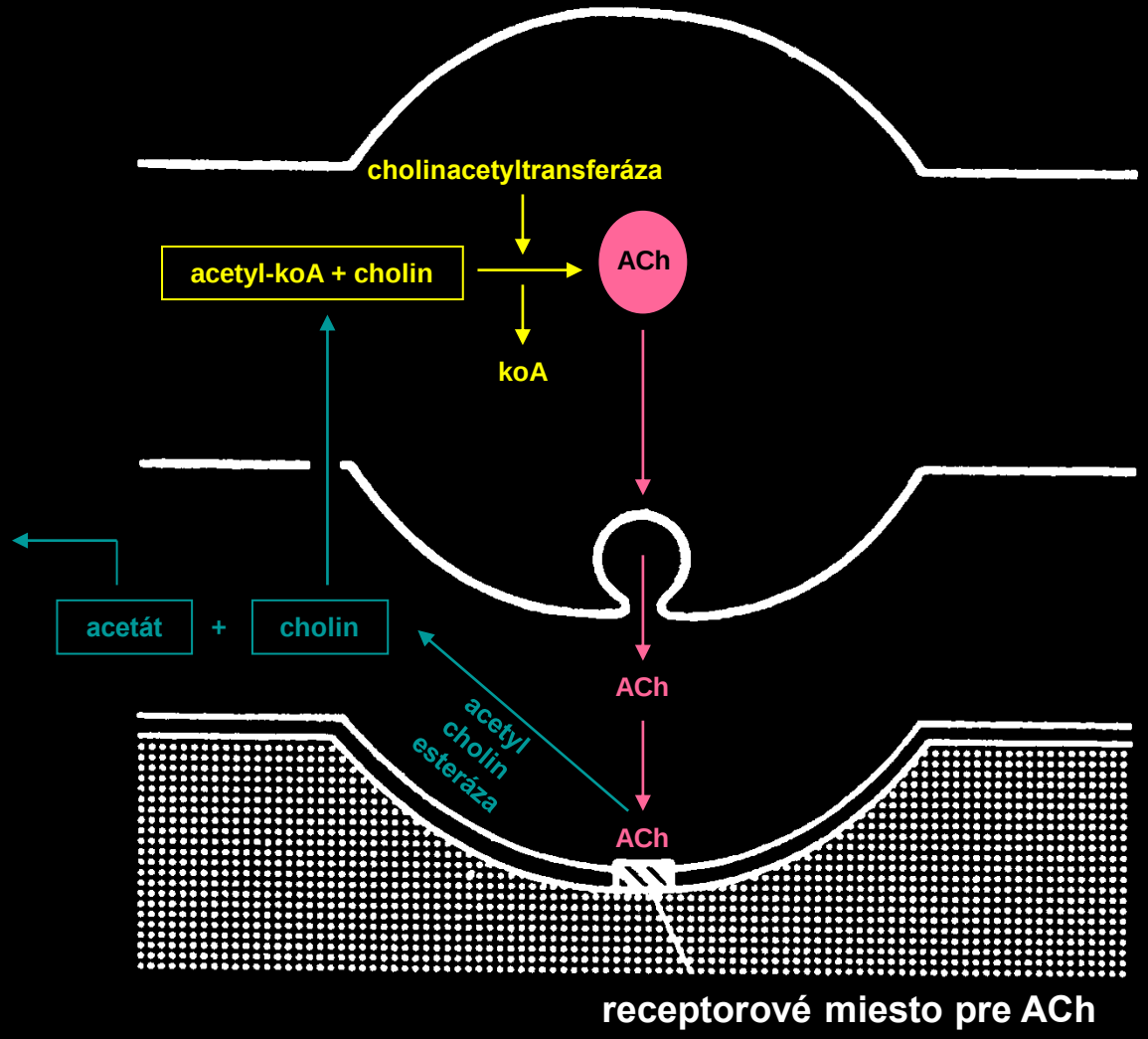
- je neurotransmiterom sympatikovej časti autonómneho nervového systému.

- kombinuje sa s dvoma typmi membránových receptorov - α-receptormi a β-receptormi

-výsledkom kombinácií sú rozdielne odpovede výkonných orgánov (napr. stimulácia α-receptorov cievneho hladkého svalu vyvoláva vazokonstrikciu, stimulácia β-receptorov bronchiálneho hladkého svalu bronchodilatáciu).



Autonómny nervový systém - acetylcholín



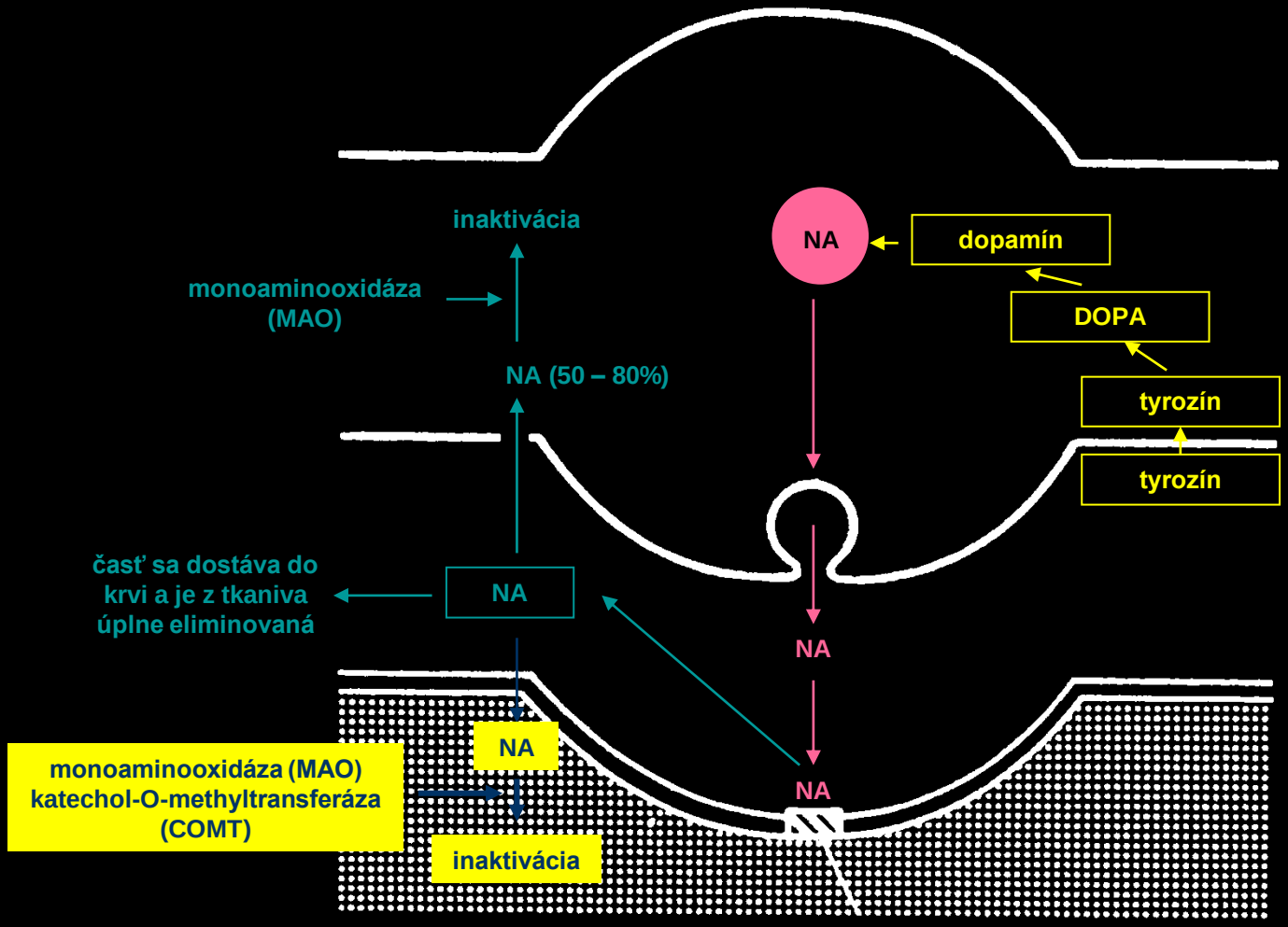
terminálne vlákno s varikozitou

extracelulárny priestor

bunková membrána

bunka efektora

Autonómny nervový systém - noradrenalín



Autonómny nervový systém – adrenoreceptory

Adrenoreceptory sa nachádzajú v cieľovom tkanive sympatikového nervového systému a sú aktivované katecholamínmi – noradrenalínom a adrenalínom.

Noradrenalín je uvoľňovaný z postganglionových neurónov sympatikového nervového systému.

Adrenalín je produkovaný dreňou nadobličiek a dosahuje cieľové tkanivo prostredníctvom cirkulácie.

Adrenoreceptory

α_1 a α_2

β_1, β_2 a β_3

Každý z týchto receptorov má odlišný mechanizmus pôsobenia (mimo β_1 a β_2 receptorov, ktoré majú rovnaký mechanizmus pôsobenia), s odlišnými fyziologickými efektami.

Autonómny nervový systém – adrenoreceptory

Efekty sprostredkované aktiváciou α_1-adrenergných receptorov:

- **vazokonstrikcia hladkých svalov v cievach v kože, sfinkteroch GIT a v mozgu. Počas reakcie na fight-or-flight, vazokonstrikcia znižuje prietok krvi do týchto orgánov.**
- **kontrakcie hladkých svalov v renálnom systéme (močovod, maternica, uretálny zvierač)**
- **kontrakcie hladkých svalov v bronchioloch**
- **dilatácia dúhovky**
- **v genitáliach - ejakulácia**
- **vyvoláva anorexiu prostredníctvom inhibície čuchového systému**
- **pozitívne aj negatívne inotropné účinky na srdcový sval**

Autonómny nervový systém – adrenoreceptory

Efekty sprostredkované aktiváciou α_1-adrenergných receptorov:

- **ovplyvňuje sa sekrécia zo slinnej žľazy zvyšovaním hladiny K^+ v slinách**
- **v pečeni - zvýšenie glykogenolýzy a glukoneogenézy**
- **vylučovanie z potných žliaz**
- **podporuje sa Na^+ reabsorpcia z obličiek**
- **aktivácia mitogénnych odpovedí a regulácia rastu a proliferácie mnohých buniek**
- **sú zapojené do detekcie mechanickej spätnej väzby na hypoglosálne motorické neuróny, ktoré umožňujú dlhodobé uľahčenie dýchania v reakcii na opakované apnoe**

Autonómny nervový systém – adrenoreceptory

Efekty sprostredkované aktiváciou α_2-adrenergných receptorov:

α_2-adrenergné receptory viažu noradrenalín uvoľňovaný sympatikovými postgangliovými vláknami a adrenalín uvoľňovaný dreňou nadobličiek.

Má niekoľko všeobecných funkcií spoločných s α_1-adrenergným receptorom, ale má tiež špecifické účinky ako:

- **potlačenie uvoľňovania noradrenalínu negatívnou spätnou väzbou**
- **prechodná hypertenzia, po ktorej nasleduje trvalá hypotenzia**
- **vazokonstrikcia niektorých artérií a žíl**
- **vazokonstrikcia koronárnych artérií; avšak rozsah tohto účinku môže byť obmedzený a môže byť negovaný vazodilatačným účinkom z $ß_2$ receptorov**
- **zníženie pohyblivosti hladkého svalstva v GIT**

Autonómny nervový systém – adrenoreceptory

Efekty sprostredkované aktiváciou α_2-adrenergných receptorov:

Špecifické efekty α_2-adrenoreceptorov:

- **sprostredkovanie synaptického prenosu v pre- a postsynaptických nervových terminálach znížením uvoľňovania acetylcholínu a noradrenalínu**
- **inhibícia noradrenergného systému v mozgu**
- **inhibícia lipolýzy v tukovom tkanive**
- **inhibícia uvoľňovania inzulínu v pankrease**
- **indukcia uvoľňovania glukagónu z pankrease**
- **podpora agregácie krvných doštičiek**
- **kontrakcia zvierača GIT**
- **zníženie sekrécie zo slinnej žľazy**
- **relaxácia GIT (presynaptický efekt)**

Autonómny nervový systém – adrenoreceptory

Efekty sprostredkované aktiváciou β_1-adrenergných receptorov:

Efekt/Tkanivo		
Svalový efekt	Zvýšenie výkonu srdca	Srdcový sval
	Zvýšenie frekvencie srdca (chronotropný efekt)	SA uzol
	Zvýšenie kontraktility predsiení (inotropný efekt)	Srdcový sval
	Zvýšenie kontraktility a automacie	Srdcový sval v komorách
	Zvýšenie vedenia rýchlosti impulzu	AV uzol
	Relaxácia	Stena močového mechúra
Exokrinný efekt	Uvolnenie renínu	Juxtaglomerulárne bunky
	Stimulujú viskózne sekréty s amylázou	Slinné žľazy
Iné	Lypolýza	Tukové tkanivo

Autonómny nervový systém – adrenoreceptory

Efekty sprostredkované aktiváciou β_2-adrenergných receptorov:

Funkcia	Tkanivo	Biologická úloha
Relaxácia hladkého svalstva v:	GI trakt (znížená motilita)	Inhibícia trávenia
	Bronchi	Facilitácia dýchania. Preto β_2 agonisti môžu byť užitočné pri liečbe astmy.
	Detrusor urinae - sval močového mechúra. Tento účinok je silnejší ako účinok kontrakcie receptora α_1.	Inhibícia potreby močenia
	Maternica	Inhibícia pôrodu
	Genitálny trakt	
Zvýšená perfúzia a vazodilatácia	Krvné cievy a artérie v kostrovom svalstve vrátane menších koronárnych artérií a hepatickej artérie	Facilitácia svalovej kontrakcie a motility
Zvýšenie masy a rýchlosti kontrakcie	Priečne pruhovaný sval	
Sekrécia inzulínu a glukagónu	Pankreas	Zvýšený cukor v krvi a príjem kostrovými svalmi
Glykogenolýza		

Autonómny nervový systém – adrenoreceptory

Efekty sprostredkované aktiváciou β_2-adrenergných receptorov:

Kardiovaskulárny systém

- **zvýšenie výkonu srdca (mierny stupeň v porovnaní s β_1)**
- **zvýšenie frekvencie srdca pôsobením v uzle SA (chronotropný efekt)**
- **zosilnenie kontraktility srdcového svalu (inotropný účinok)**
- **zvýšenie kontraktility a automatickosti srdcového svalu komôr**
- **rozšírenie hepatálnej artérie a arteriol v kostrovom svale**

Tráviaci systém

- **zvýšenie glykogenolýzy a glukoneogenézy v pečeni**
- **zvýšenie glykogenolýzy a uvoľňovanae laktátu v kostrovom svale**
- **podporuje kontrakciu sfinkterov v GIT**
- **zvýšenie sekréciu inzulínu a glukagónu z pankreasu**

Autonómny nervový systém – adrenoreceptory

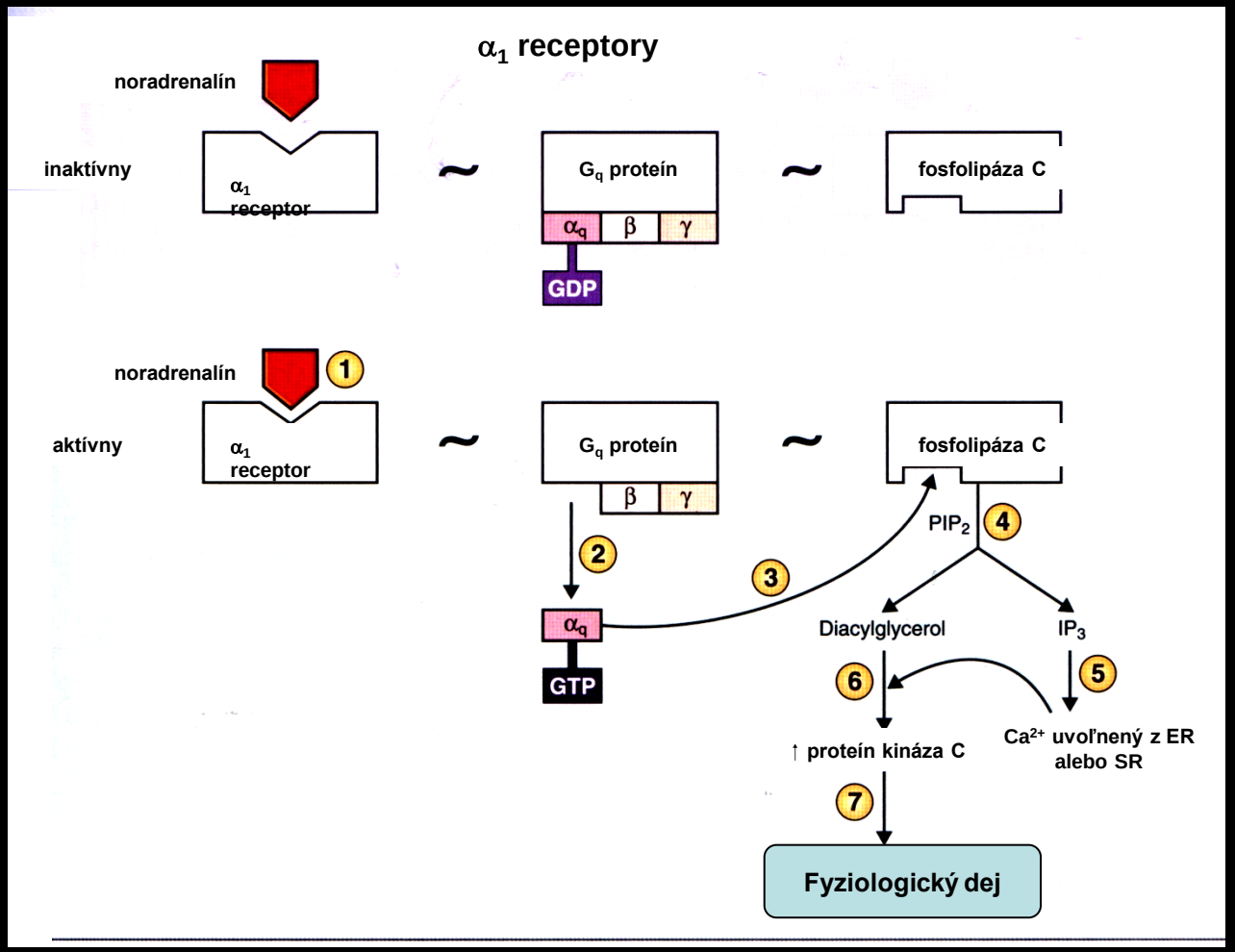
Efekty sprostredkované aktiváciou β_3-adrenergných receptorov:

- **zvýšenie a regulácia lipolýzy a termogenézy v hnedom tukovom tkanive**
- **termogenéza v kostrovom svale**
- **$ß_3$ receptory sa nachádzajú v žlčníku, kde ich úloha nie je známa**
- **v močovom mechúri sa predpokladá, že spôsobuje relaxáciu močového mechúra**

Autonómny nervový systém – α_1- adrenoreceptory

α_1-receptory sa nachádzajú v hladkých svaloch kožných ciev, v splanchnickej oblasti, vo sfinkteroch gastrointestinálneho traktu a mechúra a v radiálnych svaloch dúhovky.

4. Aktivovaná fosfolipáza C katalyzuje uvoľnenie diacylglycerolu a IP_3 z fosfatidylinositol 4,5-difosfátu (krok 4). IP_3 spôsobuje vyplavenie Ca^{2+} z intracelulárnych zásob a to z endoplazmatického alebo z sarkoplazmatického retikula, čo ma za následok nárast intracelulárnej koncentrácie Ca^{2+} (krok 5). Spolu, Ca^{2+} a diacylglycerol, aktivujú proteín kinázu C (krok 6), ktorá fosforyluje proteíny. Tieto fosforylované proteíny vykonávajú konečné fyziologické deje (krok 7), ako napríklad kontrakcia hladkého svalu.



Autonómny nervový systém – α_2- adrenoreceptory

α_2-receptory sú menej bežné ako α_1 receptory. Nachádzajú sa v stenách gastrointestinálneho traktu a v termináloch presynaptických adrenergických nervov.

Mechanizmus pôsobenia týchto receptorov:

1. Agonista (noradrenalín) sa viaže na α_2 receptor, ktorý je pripojený k adenylát cykláze inhibičným G proteínom – G_i.

2. Keď sa naviaže noradrenalín, G_i proteín uvoľní GDP a naviaže GTP, α_i podjednotka sa oddelí od komplexu G proteínu.

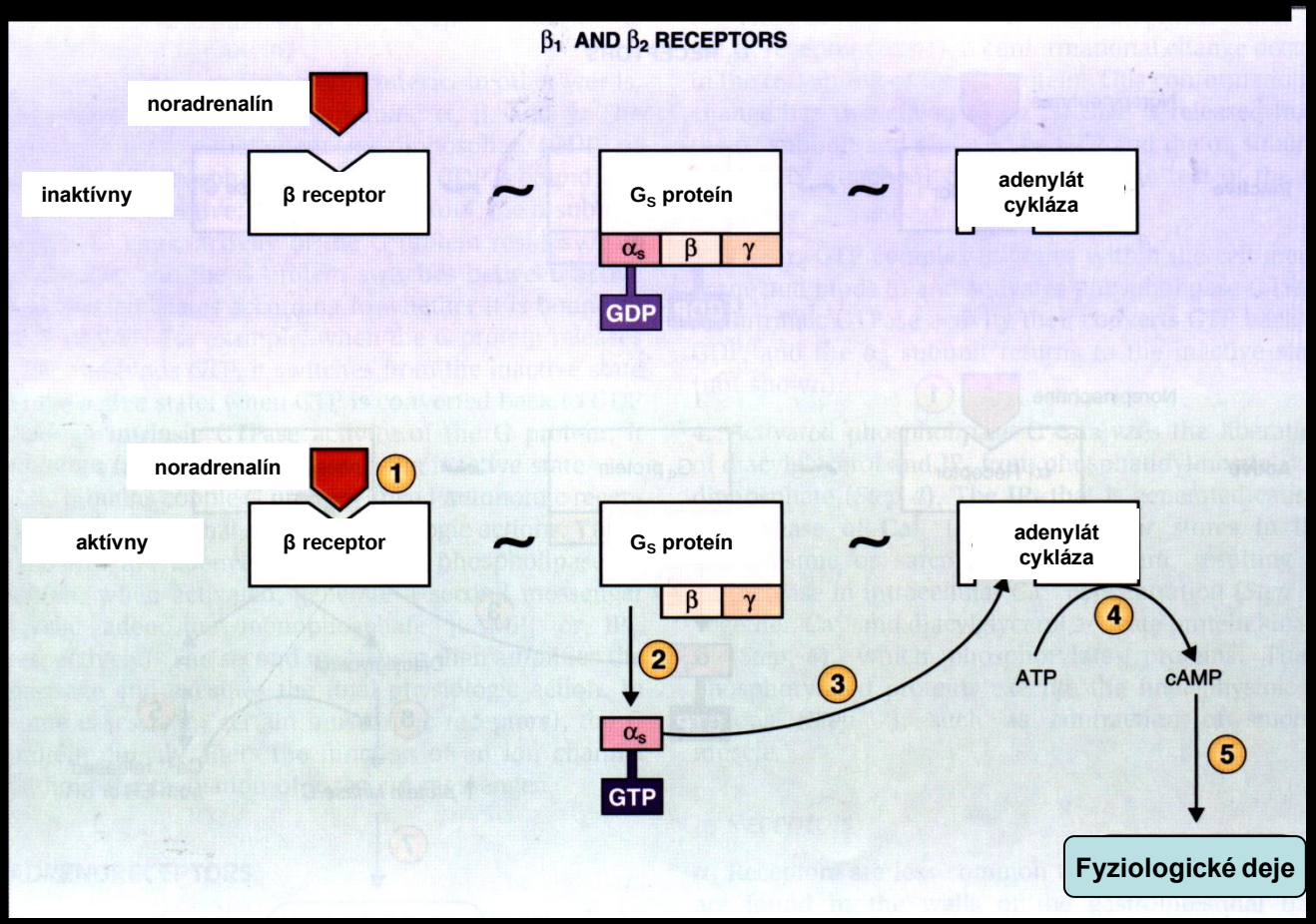
3. Potom α_i podjednotka migruje v membráne a viaže sa a inhibuje adenylát cyklázu. Výsledkom tohoto procesu je pokles úrovne cAMP, produkujúc tak konečné fyziologické deje. Napríklad, aktivácia α_2 receptorov v stene gastrointestinálneho traktu spôsobuje relaxáciu.

Autonómny nervový systém – β_1- adrenoreceptory

β_1-receptory sa nachádzajú prednostne v srdci (nárast aktivity), v slinných žľazách (nárast sekrécie), v tukovom tkanive a v obličkách (posilnenie sekrécie renínu).

β_2-receptory sa nachádzajú hladkých svaloch ciev kostrového svalstva, v stenách gastrointestináleho traktu a v mechúri a v bronchioloch. Activácia β_2 receptorov v týchto tkanivách vedie ku relaxácii alebo dilatácii.

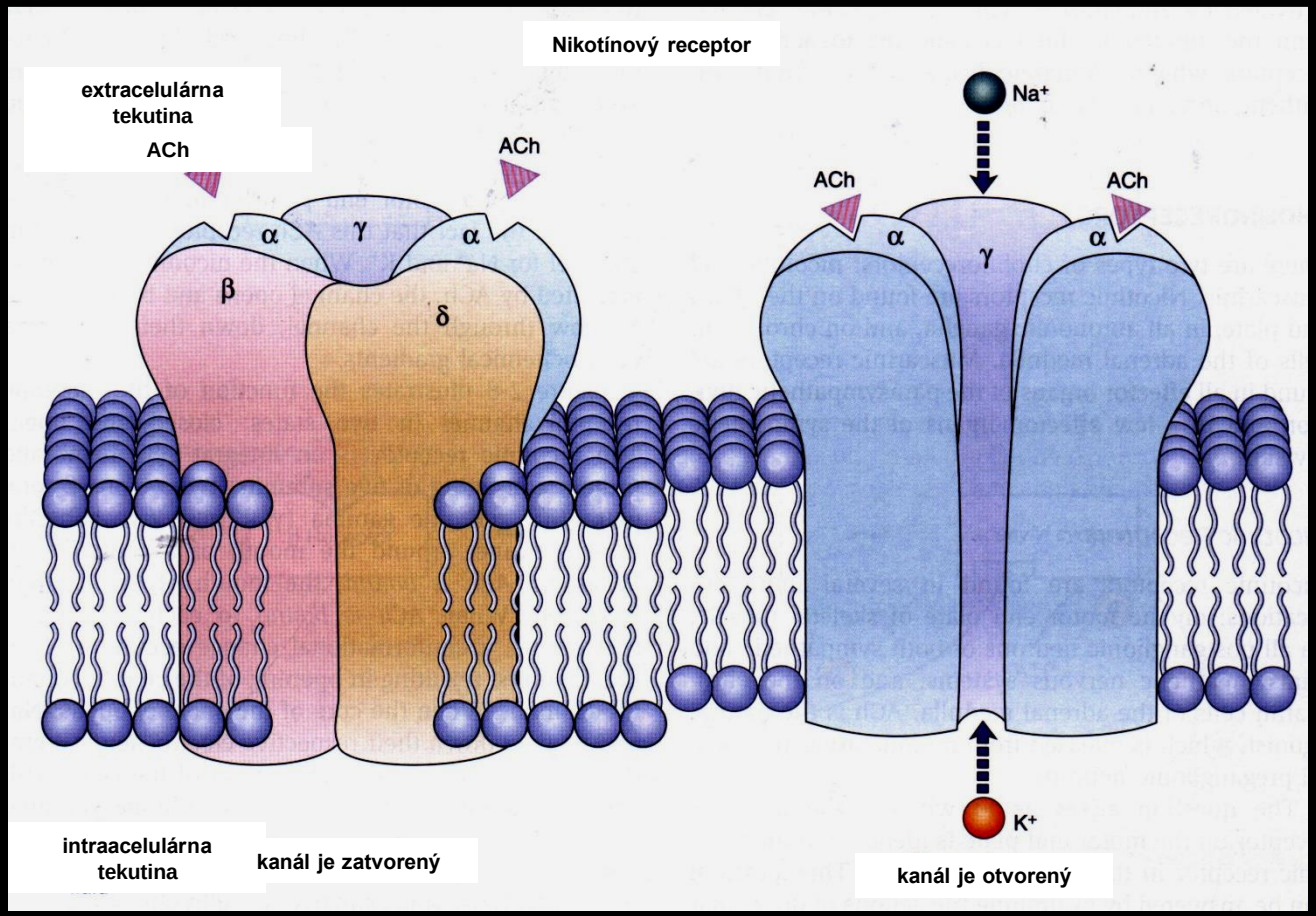
4. Aktivovaná adenylát cykláza katalyzuje konverziu ATP na cAMP, ktorý pôsobí ako druhý poslíček (krok 4). cAMP, aktivuje proteín kinázy, ktoré iniciujú fyziologické deje (krok 5).



Autonómny nervový systém – nikotínové cholinoreceptory

Nikotínové receptory sa nachádzajú na niektorých dôležitých miestach: na motorickej platničke kostrového svalstva, na všetkých postganglionických neurónoch jednak sympatikového ako aj parasympatikového nervového systému a na chromafinných bunkách drene nadobličiek.

2. Keď sa Ach naviaže na každú z dvoch α podjednotiek, nastane konformačná zmena vo všetkých podjednotkách a centrálne jadro kanála sa otvára. Akonáhle sa jadro kanála otvorí, Na^+ a K^+ tečú pozdĺž svojich elektrochemických gradientov.



Autonómny nervový systém – muskarínové cholinoreceptory

Muskarínové receptory sa nachádzajú vo všetkých efektorových orgánoch parasympatikového nervového systému: v srdci, v gastrointestinálnom trakte, v bronchioloch, v mechúri, a mužských pohlavných orgánoch. Tieto receptory sa nachádzajú aj v určitých efektorových orgánoch sympatikového nervového systému, najmä v potných žľazách.

Mechanizmus pôsobenia:

1. Niektoré muskarínové receptory majú rovnaký mechanizmus pôsobenia ako α_1 adrenoreceptory. V niektorých prípadoch, väzba agonistu (ACh) na muskarínový receptor zapríčiní disociáciu α podjednotky G proteínu, s následnou aktiváciou fosfolipázy C a produkciou IP_3 a diacylglycerolu. IP_3 uvoľňuje uložený Ca^{2+}, a zvýšený intracelulárny Ca^{2+} s diacylglycerolom produkujú špecifické tkanivové fyziologické deje.

2. Iné muskarínové receptory menia fyziologické procesy prostredníctvom priameho pôsobenia G proteínu. V týchto prípadoch, nie je zahrnutý žiaden druhotný poslíček. Napríklad, muskarínové receptory SA uzla v srdci po aktivácii ACh, vyvolávajú aktiváciu G_i proteínu kde sa uvoľňuje α_i podjednotka, ktorá sa priamo viaže na K^+ kanál v SA uzle. Keď sa α_i podjednotka naviaže na K^+ kanál, kanál sa otvára, spomaľujúc tak rýchlosť depolarizácie SA uzla a znižuje sa tak frekvencia akcie srdca.

Autonómny nervový systém – porovnanie sympatika s parasympatikom

	Sympatikus	Parasympatikus
Výstup z CNS	od 1. torakálneho po 2. lumbárny segment	stredný mozog, medula a 2. – 4. sakrálny segment
Umiestnenie periférnych ganglií	primárne v paravertebrálnom truncus sympaticus a 3 pozdĺž strany zostupnej aorty	v alebo blízko cieľových orgánov
Štruktúra oblasti, z ktorej je uvoľňovaný neurotransmiter	varikozity	varikozity a axónové terminály
Neurotransmiter na cieľových synapsiách	noradrenalín (adrenergické neuróny)	acetylcholín (cholinergické neuróny)
Inaktivácia neurotransmiteru v synapsiách	vstup do varikozít, difúzia	enzymatická inaktivácia, difúzia
Neurotransmiterové receptory na cieľových bunkách	α a β	muskarínové
Synapsie v gangliách	acetylcholín na nikotínový receptor	acetylcholín na nikotínový receptor
Synapsie na neurón-cieľová bunka	noradrenalín na α- alebo β-receptor	acetylcholín na muskarínový receptor

Autonómny nervový systém - zosumarizovanie

1. Sympatikové ako aj parasympatikové dráhy pozostávajú z dvoch neurónov (preganglionového a postganglionového) v sérii. Jedna výnimka z tohto ptavidla je dreň nadobličiek, v ktorej postganglionové sympatikové neuróny sú modifikované do neuroendokrinného orgánu.

2. Všetky preganglionové autonómne neuróny secernujú acetylcholín, ktorý sa viaže na nikotínové receptory. Väčšina sympatikových neurónov secernuje noradrenalín, ktorý sa viaže na adrenergné receptory. Väčšina parasympatikových neurónov secernuje acetylcholín, ktorý sa viaže na muskarínové receptory.

3. Sympatikové dráhy vystupujú z torakálnej a lumbálnej oblasti spinálnej miechy. Väčšina sympatikových ganglií sú umiestnené blízko spinálnej miechy (sú paravertebrálne). Parasympatikové dráhy opúšťajú CNS v oblasti mozgového kmeňa a v sakrálnej oblasti spinálnej miechy. Parasympatikové gangliá sú umiestnené blízko alebo v cieľovom tkanive.

4. Sympatikové vetvy kontrolujú funkcie, ktoré sú užitočné v strese alebo v ohrození. Parasympatiková vetva je dominantné počas pokoja a pri aktivitách tráviaceho systému.

Autonómny nervový systém – autonómne centrá

Ústredia autonómneho nervového systému sa chápu ako integrátory reakcií organizmu na vnútorné a vonkajšie skutočnosti so vzťahom k riadeniu autonómnych funkcií.

Z tohoto pohľadu je problematické zaradenie:

- chrbticovej miechy, hoci z nej vychádzajú všetky vlákna sympatikovej dráhy a sakrálna časť parasympatika. Nie je jasné, či ide o centrum riadiace a koordinujúce činnosť príslušnej časti autonómneho nervstva, alebo len o reflexné ústredie v rámci periférnych oddielov.

- kortexu, ktorý sa podieľa na riadení autonómnych funkcií autonómnymi efektorovými oblasťami, ktorých význam je najskôr v integrácii a tvorbe podmienených reflexov súvisiacimi s autonómnym nervstvom - vegetatívny sprievod emočných stavov, vedomá kontrola vyprázdňovania.

Autonómny nervový systém – autonómne centrá

Do úvahy sa berie mozgový kmeň a hypotalamus.

Retikulárna formácia - je zodpovedná za riadenie kardiovaskulárneho systému, respiračného systému a je centrom niektorých autonómnych reflexov.

Kardiovaskulárne centrum obsahuje nasledujúce štruktúry:

- ncl. dorsalis n.vagi – zdroj vagovej parasympatikovej aferentácie

- presorickú oblasť – je lokalizovaná obojstranne v dorzolaterálnej časti retikulárnej formácie, zvýšená aktivita vedie k zvýšeniu tlaku krvi, kde eferentné dráhy z tohoto centra kontrolujú sympatikové prepangliové neuróny inervujúce srdce, cievy a juxtaglomerulárny aparát

- depresorickú oblasť – je lokalizovaná obojstranne vo ventromediálnej časti retikulárnej formácie, zvýšená aktivita vedie k zníženiu tlaku krvi a reciprocne je prepojená s presorickou oblasťou

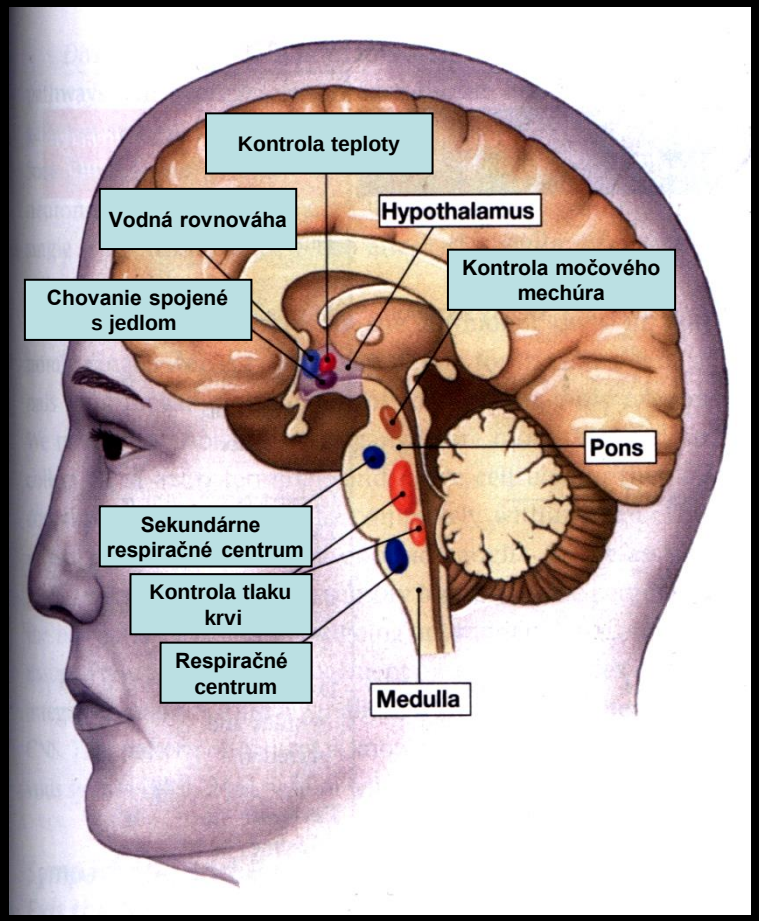
Autonómny nervový systém – autonómne centrá

Respiračné centrum - je funkčne zaradené do autonómnych centier, nakoľko pôsobí na miechové motoneuróny, ktoré riadia dýchacie pohyby prostredníctvom generátora automatického respiračného rytmu a generátora inšpiračného rytmu.

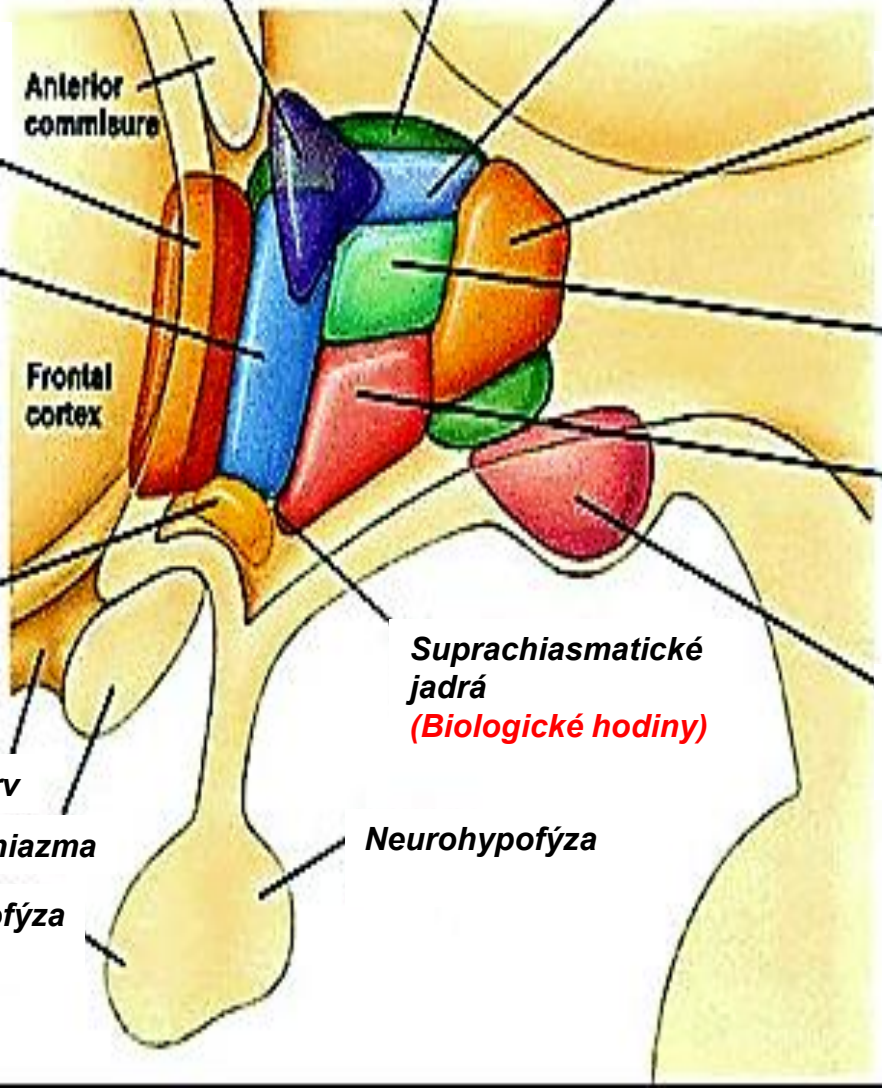
Autonómne reflexy - súvisia s príjmom a spracovaním potravy. Ide o sací reflex, reflex prehĺtania, slinenie, reflexná sekrécia žalúdočnej a pankreatickej šťavy a zvracaci reflex.

Autonómny nervový systém – autonómne centrá

Senzorická informácia zo somatosenzorických a viscerálnych receptorov ide do centier pre homeostázu v hypothalame, moste a predĺženej mieche.



Jadrá hypothalamu



Paraventrikulárne jadro
(vodná rovnováha/stres)

Laterálna hypothalamická oblasť

Dorzálna hypothalamická oblasť

Mediálna preoptická oblasť
(Tlak krvi)

Zadná hypothalamická oblasť
(Tras)

Predná hypothalamická oblasť
(Telesná teplota)

Dorzomediálne jadro
(GI trakt)

Ventromediálne jadro
(Sýtosť)

Supraoptické jadro
(Vodná rovnováha)

Suprachiasmatické jadrá
(Biologické hodiny)

Mammilárne teliesko
(Príjem potravy)

Optický nerv

Optická chiazma

Neurohypofýza

Adenohypofýza

Autonómny nervový systém – hypothalamus

ANTERIOR HYPOTHALAMUS

Preoptický	*preoptické jadro*	*termoregulácia*
Mediálny	*mediálne preoptické jadro*	*reguluje uvoľňovanie gonadotropných hormónov z adenohypofýzy Obsahuje pohlavne dimorfné jadro, ktoré uvoľňuje GnRH, diferenciálny vývoj pohlavia, ktorý je založený na hladinách testosterónu v maternici Termoregulácia*
	supraoptické jadro *paraventrikulárne jadro*	*uvolňovanie vazopresínu a oxytocínu* *thyrotropin-releasing hormón, kortikotropín releasing hormón, oxytocín, vazopresín, somatostatín*
	predné hypothalamické jadro	*termoregulácia, ťažké dýchanie, potenie, inhibícia thyrotropínu*
	suprachiasmatické jadro	*cirkadiánny rytmus*
Laterálny	*laterálne jadro*	*primárny zdroj orexínových neurónov, ktoré sa projikujú v celom mozgu a spinálnej mieche*

Autonómny nervový systém – hypothalamus

TUBERAL HYPOTHALAMUS

Mediálny	dorzomediálne preoptické jadro	tlak krvi, srdcová frekvencia, stimulácia GI sýtosť, neuroendokrinná kontrola
	ventromediálne jadro	rastový releasing hormón, príjem potravy, dopamínom sprostredkovaná inhibícia prolaktínu
	nucleus arcuate	
Laterálny	laterálne jadro	primárny zdroj orexínových neurónov, ktoré sa projikujú v celom mozgu a spinálnej mieche

POSTERIOR HYPOTHALAMUS

Mediálny	mammilárne jadro	pamäť
	nucleus posterior	nárast tlaku krvi, dilatácia pupíl, triaška, uvoľňovanie vazopresínu
	laterálne jadro	primárny zdroj orexínových neurónov, ktoré sa projikujú v celom mozgu a spinálnej mieche
Laterálny	tuberomammillárne jadro	vzrušenie (bdelosť a pozornosť), príjem potravy a energetická rovnováha, učenie, pamäť, spánok

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Centrum hladu a sýtosti

Hlad je pocit (nepodmienená reakcia organizmu), vyvolaný nedostatkom **potravy.** Je dôležitým signálom, hovoriacim telu o potrebe príjmu potravy a energie z nej.

Hlad vzniká, keď hladina **glukózy v krvi klesne** pod určitú hranicu. Potreba prijímať potravu je však ovplyvnená taktiež **signálmi z tráviacej sústavy** a pôsobením niektorých **hormónov**, svoju úlohu hrá tiež **psychické rozpoloženie**, **stav pozornosti** a iné. Takže pocit hladu sa dostavuje u rôznych jedincov s rôznou rýchlosťou a intenzitou a je taktiež rôzne znášaný - niektorí ľudia znášajú pocitu hladu dobre, u niekoho sa dostavujú zmeny nálady ako podráždenosť alebo mrzutosť. Pri dlhšom hladovaní dochádza k odbúravaniu zábran a zásad (kanibalizmus z núdze), môžu ich sprevádzať halucinácie či paranoja.

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Centrum hladu a sýtosti

Centrum sýtosti sa nachádza v hypothalame, blízko regulačných centier pre vylučovanie a reguláciu hormonálnych pochodov v našom tele. Ihneď vedľa centra sýtosti sa nachádza centrum hladu.

Signály ovplyvňujúce centrum sýtosti

- rozpätie žalúdka a čriev
- zvýšená vonkajšia a vnútorná teplota
- glukóza, aminokyseliny, mastné kyseliny
- dopamín
- intestinálny peptid PYY
- peptidy uvolňované zo zažívacieho traktu (cholecystokinín, bombezín, glukagón, enterostatín, somatostatín)
- leptin
- ghrelin
- insulín
- zvýšená aktivita oblastí, ktoré nás informujú o pocitoch z jedla

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Centrum hladu

Centrum sýtosti

ncl. lateralis

- stimulácia laterálnej oblasti hypothalamu vedie k nárastu cieľovo orientovanému chovaniu vedúceho k vyhľadávaniu potravy
- je nepretržite aktívne

ncl. ventromedialis

- lézia ncl. ventromedialis vedie k hyperfágii

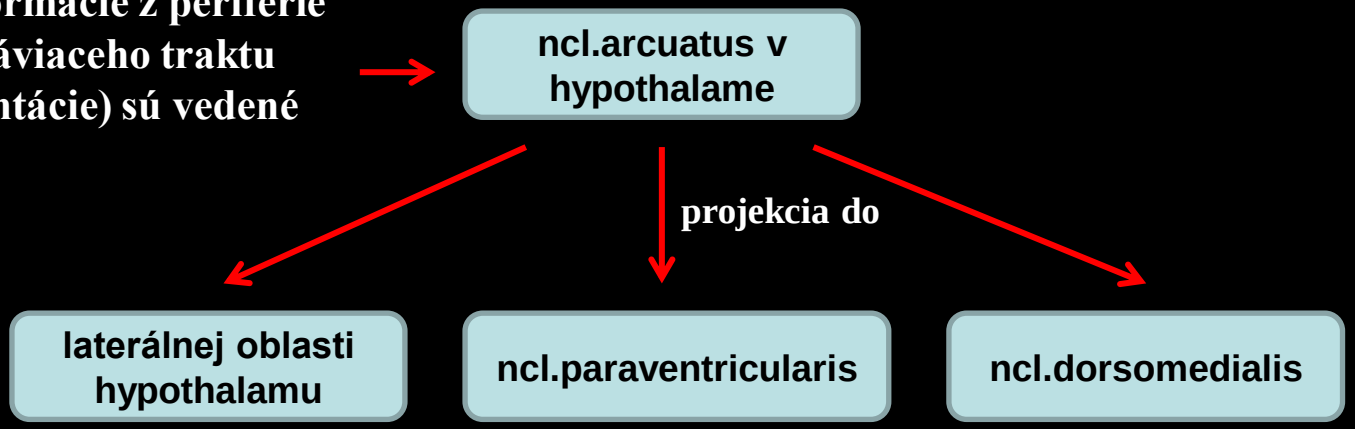
aktivuje glukoreceptory nachádzajúce sa v ncl.ventromedialis

nárast plazmatickej úrovne glukózy

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Kontrola príjmu potravy

Predpokladá sa, že informácie z periférie (senzorické vstupy z tráviaceho traktu včítane chuťovej aferentácie) sú vedené do



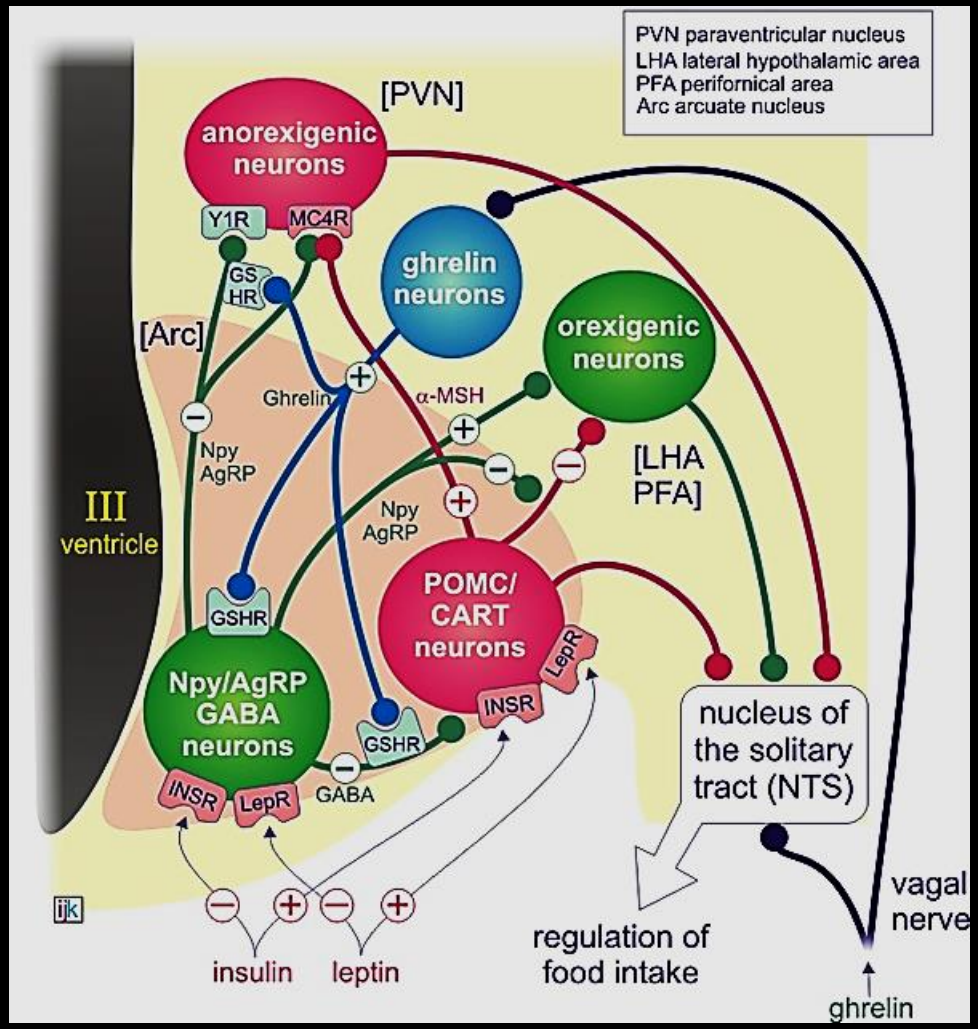
Všetky tieto štruktúry obsahujú dva typy neurónov:

- orexigenné neuróny – syntetizujú látky, ktorých vyššie hladiny korelujú so zvýšeným príjmom potravy a aktivujú tak ncl.ventromedialis

- anorexigenné neuróny – syntetizujú látky, ktorých vyššie hladiny korelujú so zníženým príjmom potravy

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Kontrola príjmu potravy



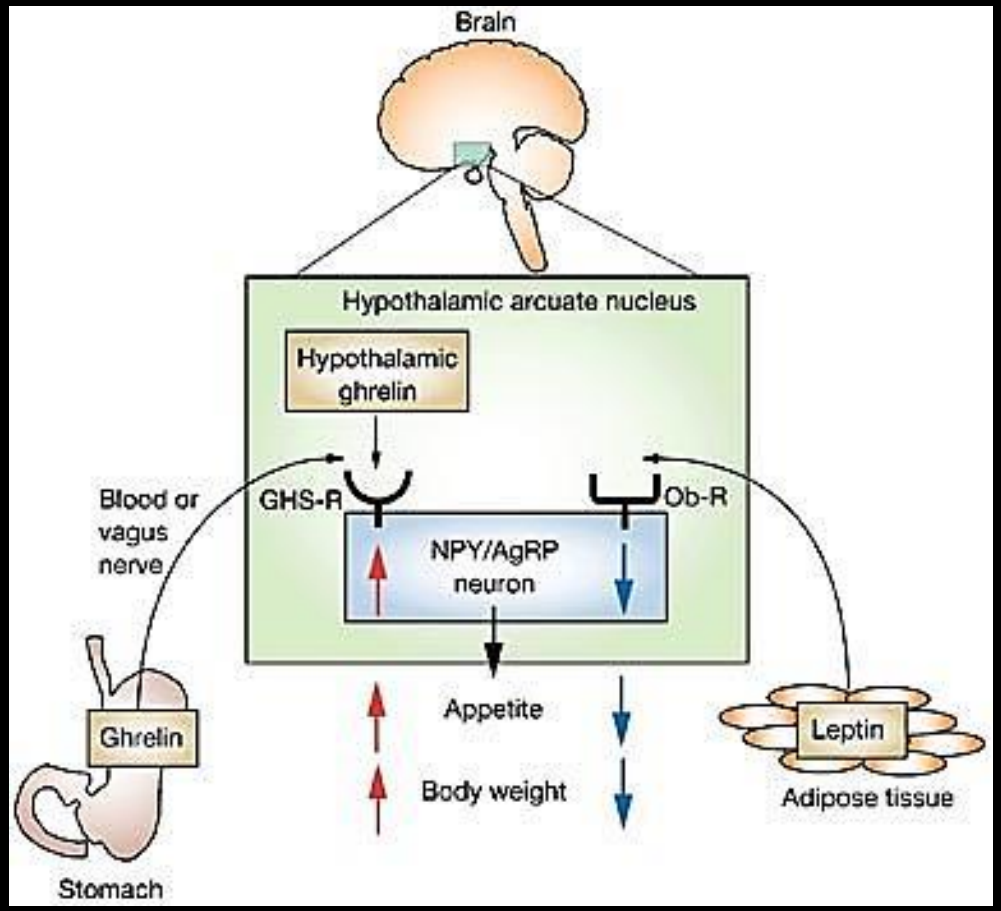
Neuróny uvolňujíce amphetamin (CART) a proopiomelanocortin (POMC)

Neuróny uvolňujúce agoutin-related protein (AgRP), neuropeptid Y (NPY) a kyselinu γ-aminomaslovú (GABA)

Dôležité pro reguláciu telesnej hmotnosti

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Kontrola príjmu potravy



Ghrelin je **„hormón hladu"**.

Ghrelin je **peptidický hormón** produkovaný ghrelinergickými bunkami v gastrointestinálnom trakte a ktorý pôsobí ako neuropeptid v CNS.

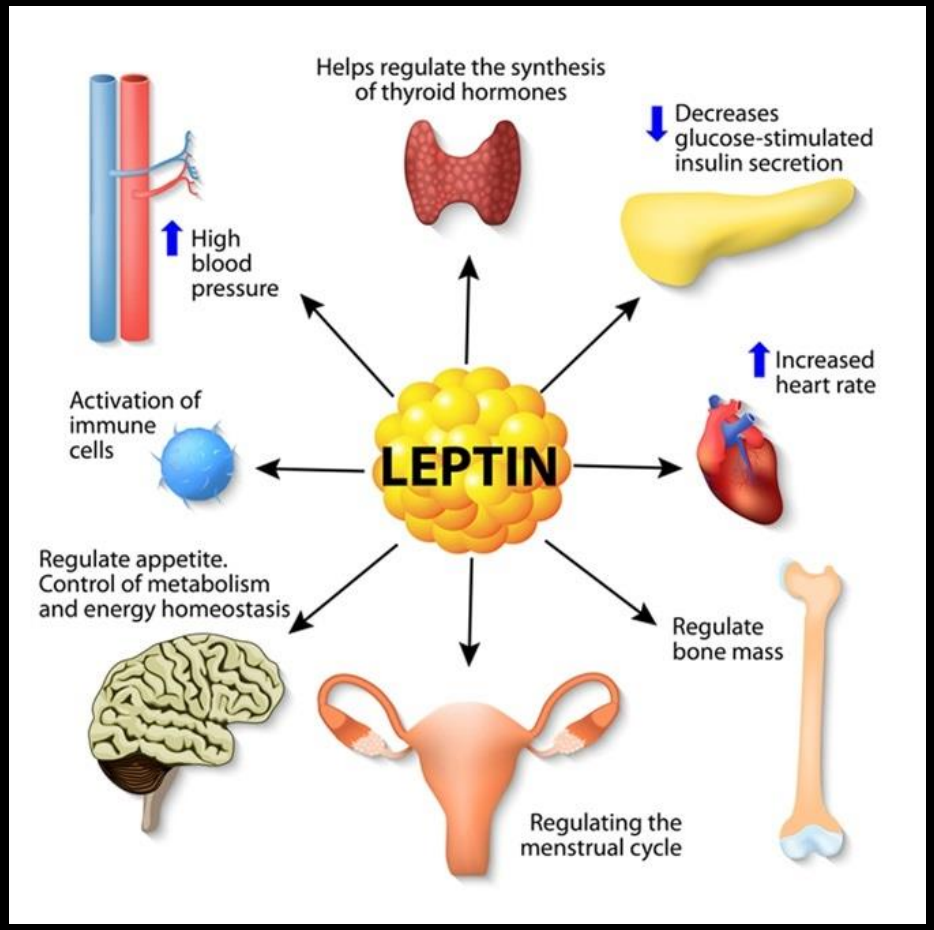
Ghrelin reguluje **apetít** a taktiež **distribúciu a rýchlosť spotreby energie**.

Akonáhle je žalúdok prázdny, ghrelin je absorbovaný. Akonáhle sa žalúdok roztiahne, sekrécia sa zastavuje.

Ghrelin pôsobí na **hypothalamické bunky** a vyvoláva pocit hladu, ale aj zvyšuje sekréciu žalúdočnej kyseliny a gastrointestinálnej motility a tak pripravuje telo na príjem potravy.

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Kontrola príjmu potravy



Leptin je ***"hormón výdaja energie"***.

Leptin je hormón , ktorý je prevažne produkovaný **adipóznymi bunkami,** ktoré pomáhajú regulovať **energetickú rovnováhu** inhibovaním **pocitu hladu**.

Leptin má opačné pôsobenie ako **ghrelin**.

Leptin a **ghrelin** pôsobia na receptory v **ncl.arcuatus** v **hypothalame** a regulujú tak apeptít na dosiahnutie **energetickej homeostázy**.

Pri obezite, podobnej ako pri **rezistencii na inzulín u diabetu typu 2**, sa vyskytuje znížená citlivosť na leptín, čo má za následok neschopnosť detegovať sýtosť ako takú aj napriek vysokým zásobam energie a vysokej úrovni leptínu.

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Centrum smädu

Smäd je reakcia organizmu na nedostatok tekutín.

Máme dva druhy odvodnenia:

Jeden spočíva v tom, že človek má núdzu o vodu (väčšinou u dobre trénovaných športovcov, ktorí vylučujú riedky "vodný" pot). V tomto prípade sa zahustí jeho krv, ale len na krátko, pretože ihneď začne prúdiť do krvi voda z medzibunkových priestorov. Tým ale stúpne koncentrácia solí v medzibunkovej tekutine. Aby sa táto koncentrácia vyrovnala s koncentráciou vo vnútri buniek, presunie sa do medzibunkových priestorov voda z vnútra buniek a tým dôjde k ich čiastočnému odvodneniu.

Druhý spôsob odvodnenia organizmu spočíva v tom, že človek stráca nielen vodu, ale aj veľké množstvo solí (netrénovaní alebo zle trénovaní športovci vylučujú hustý "slaný" pot), ktoré sú hlavne v krvi a v medzibunkových tekutinách. To vedie zvyčajne len k malému vzostupu koncentrácie iónov (solí) v mimobunkovej tekutine. Pri tomto type odvodnenia zostáva obsah vody v bunkách zachovaný, ale zmenšuje sa objem kolujúcej krvi a medzibunkovej tekutiny, na všetko reagujú nadobličky tvorbou len malého množstva koncentrovanej moči.

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Centrum smädu

Nc.paraventricularis - v tomto centre sa nachádzajú bunky, ktoré vďaka kontaktu s pretekajúcou krvou a mozgovomiechovým mokom reagujú na zistenú situáciu buď vyvolaním pocitu smädu alebo naopak vyvolaním nutkania na močenie.

Osmoreceptory - nárast koncentrácie osmoticky aktívnych látok (elektrolytov - kationtov a aniontov) v ECT.

Renín - angiotenzinový systém pri poklese objemu plazmy. Väčšia koncentrácia angiotenzínu II zvyšuje tlak krvi a vyvoláva pocit smädu.

Baroreceptory - pokles objemu plazmy. Pokiaľ má telo nedostatok tekutín, tlak v žilách je malý a krv je príliš "hustá".

Psychologické a sociálne faktory

Podnety

Podnetom pre pocit smädu a teda pre príjem tekutín je podráždenie buniek sliznice ústnej dutiny a hltanu, ktoré vzniká tým, že príde v týchto miestach k čiastočnému odvodneniu buniek (k ich podráždeniu môže tiež niekedy prísť z iných príčin, ako je chlad, značná vlhkosť, preto máme napríklad po požití zmrzliny smäd).

Naopak sucho v ústach, ktoré môže byť dôsledkom užívania niektorých liekov (napr. liekov proti alergiám), alebo môže byť vyvolané nedostatočnou tvorbou slín (napríklad pri ochorení s názvom xerostómia) sa pocit smädu zvyšuje.

U starších ľudí všeobecne centrum smädu prestáva fungovať a v dôsledku toho starší ľudia nepociťujú smäd a musia si sami regulovať príjem tekutín.

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Regulácia teploty

predný hypothalamus

- riadi reakcie na teplo, teda zvyšuje výdaj tepla

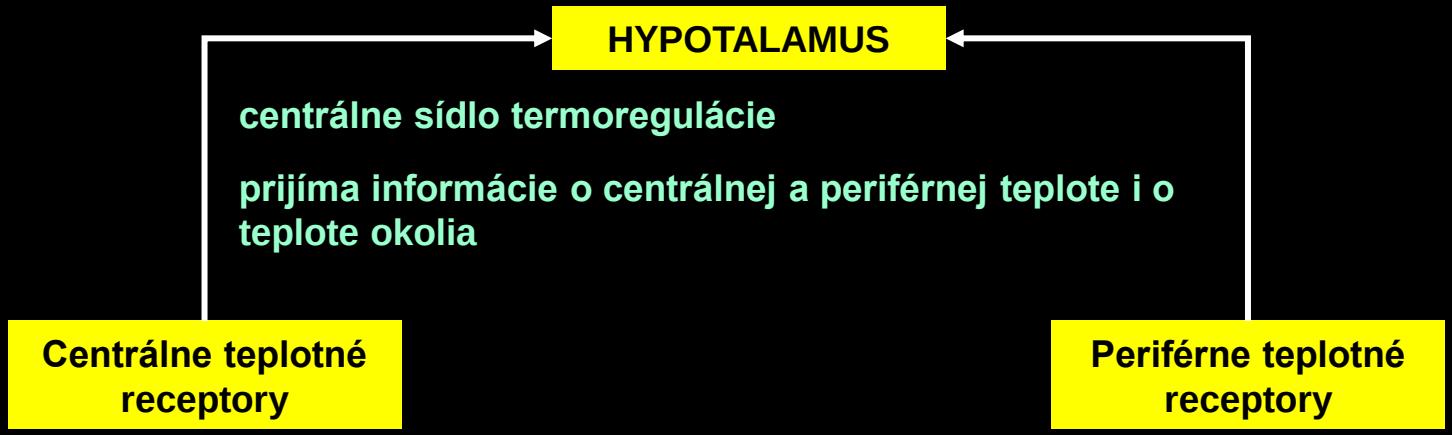
hypotermia

zadný hypothalamus

- riadi reakcie na chlad, teda zvyšuje produkciu tepla
- reakcie na chlad sú integrované s autonómnou reguláciou a dochádza k uvolňovaniu katecholamínov

hypertermia

TERMOREGULÁCIA – mechanizmy termoregulácie

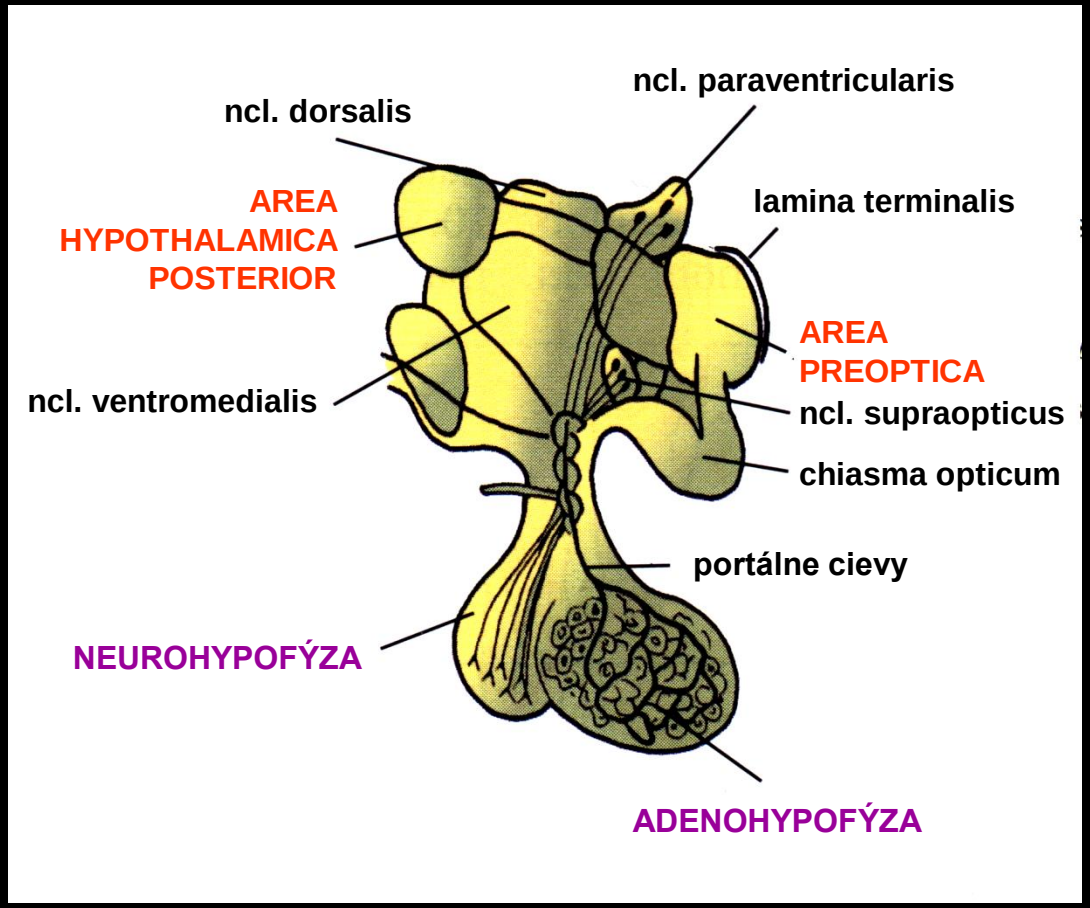


- nachádzajú sa v prednom hypotalame v preoptickej oblasti
- sú citlivé na vyššie teploty
- asi tretina z celkového počtu centrálnych termosenzitívnych neurónov reaguje na zníženie telesnej teploty

Receptory chladu

Receptory tepla

TERMOREGULÁCIA – nervová regulácia



AREA PREOPTICA

- zodpovedá za monitorovanie teploty tela aj za reakcie na zvýšené teploty
- pri poškodení tejto oblasti sa extrémne zvyšuje telesná teplota

AREA HYPOTHALAMICA POSTERIOR

- neuróny priamo nemonitorujú telesnú teplotu, ale spracuvávajú informácie prichádzajúce z periférnych i centrálnych receptorov a aktivujú **výkonové funkcie termoregulácie**

- **výkonové funkcie termoregulácie** sú zamerané na v prvom rade na udržiavanie primeranej telesnej teploty a ochranu organizmu pred podchladením

- dráždenie tejto oblasti vyvoláva svalovú triašku

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

5. Regulácia endokrinných žliaz

Priamo cez nervové spojenia

neurohypofýza

- kontrola cez **hypotalamo - hypofyseálny trakt**

ncl. paraventricularis

- oxytocin

ncl. supraopticus

- antidiuretický hormón (vazopresín)

dreň nadobličiek

- hypotalamické vlákna ovplyvňujú aktivitu **centra sekrécie adrenalínu a noradrenalínu** v predĺženej mieche

Nepriamo cez vaskulárne spojenie

adenohypofýza

- releasing faktory
- inhibičné faktory

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

6. Vzťah k sexuálnym funkciám

- sexuálny vývoj
- menštruačný cyklus
- ovulácia
- erekcia
- kopulácia
- ejakulácia
- gravidita
- narodenie
- laktácia
- sexuálne cítenie
- sexuálne chovanie

Poškodenie predného hypotalamu

- narušený záujem o sex

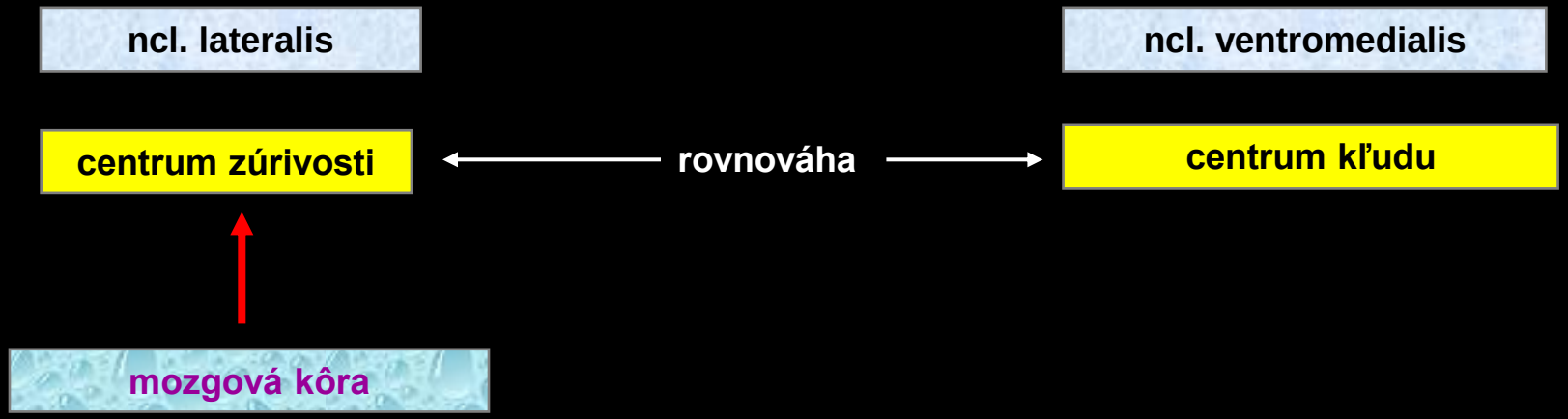
Poškodenie zadného hypotalamu

- zvýšená sexuálna aktivita

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Kontrola emócií

Emócie sú psychologické procesy, ktoré zahrňajú subjektívne zážitky pohody a nepohody previazané s fyziologickými zmenami (zmena srdcového rytmu, zmena rýchlosti dýchania), motorickými prejavmi (mimika, gestikulácia), zmenami pohotovosti a koncentrácie. Vyvolávajú a ovplyvňujú tak ďalšie psychologické procesy.



Hypothalamické jadrá spoločne s prednými jadrami thalamu a gyrus cinguli tvoria Papezov okruh, ktorý je významnou súčasťou limbického systému. Predstavujú tak veľmi úzke štrukturálne vzťahy, teda predstavujú podklad pre vznik vegetatívnych prejavov emócií.

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Regulácia biologických rytmov

- je daná rytmickou aktivitou vytváranou ncl.suprachiasmaticus. Rytmické hypothalamické pochody zasahujú prakticky do všetkých ostatných funkcií hypothalamu, ako je tonus sympatika, sekrécia hormónov, regulácia teploty, príjem potravy alebo tekutín, sexuálne funkcie, emócie alebo imunitné deje.

Informácia o perióde svetlo - tma → nervy z retiny → Suprachiasmatické jadrá (v hypothalame)

↓

Epifýza (pôsobí ako fotoendokrinný transducer)

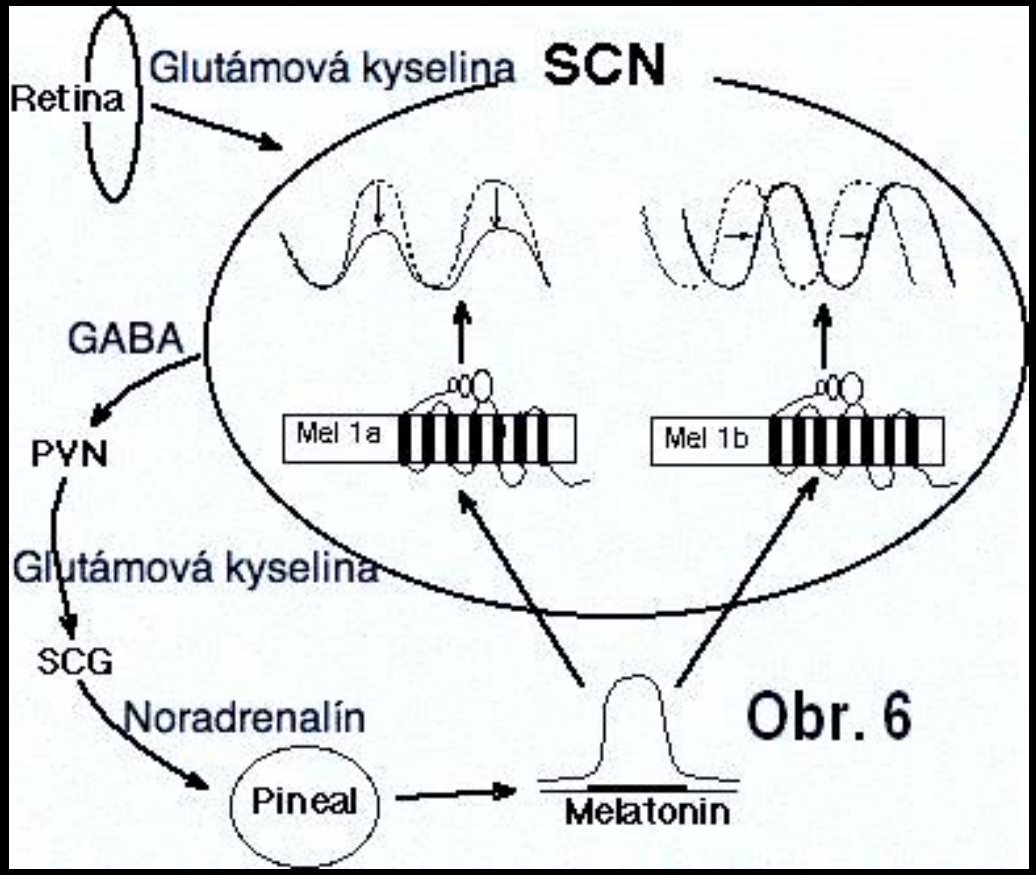
↓

MELATONÍN (reguluje cirkadiánne časovanie mnohých fyziologických funkcií)

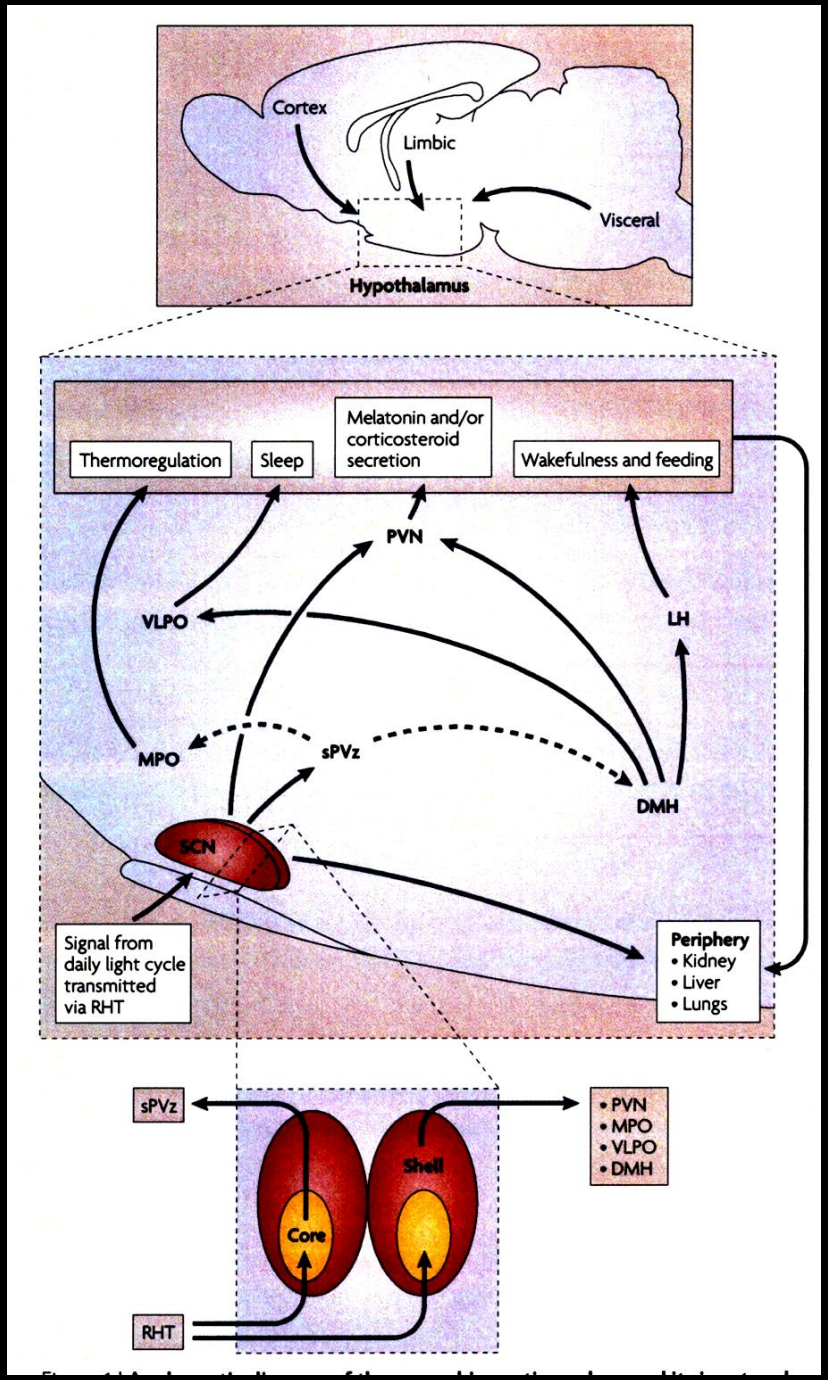
Tvorba melatonínu pod vplyvom svetla

Svetlo dopadne na sietnicu oka, čo spôsobuje uvoľňovanie glutamátu ako neurotransmiteru do suprachiazmatických jadier (SCN). Prostrednictvom noradrenalínu sa aktivuje epifýza, ktorá už tvorí samotný melatonín (v tomto prípade veľmi málo melatonínu) a ten pôsobí opäť v SCN na melatonínové receptory tak, že se spätně blokuje tvorba melatonínu.

Pokiaľ svetlo nedopadá na sietnicu (je tma a máme zatvorené oči - čiže spíme), tento proces sa neuskutočňuje a tvorba melatonínu se neutlmí, takže pôsobí v melatonínových receptoroch opačne.



Obr. 6



Schématické znázornenie suprachiazmatických jadier a jeho vstupné a výstupné cesty

Cirkadiánny pacemaker u cicavcov sa nachádza v suprachiazmatických jadrách hypotalamu a je organizovaný do dvoch hlavných subdivízii, jadra a puzdra. Oblasť jadra prijíma informáciu o dennom cykle svetla a tmy prostredníctvom retinohypotalamického traktu.

Výstupnými signálmi sú nervové ako aj hormonálne signály zo SCN do iných oblastí mozgu a periférie. Výstupné cesty zo SCN sú zodpovedné za vlastné časovanie rozličných fyziologických funkcií, zahrňujúc uvoľňovanie hormónov, cyklus spánok bdenie, príjem potravy a termoreguláciu.

Výstup zo SCN do subparaventrikulárnej zóny (sPVz) je vo vzťahu k mediálnej preoptickej oblasti (MPO) a riadi cirkadiánne rytmy telesnej teploty.

Oddelená projekcia prostredníctvom dorzomediálneho jadra (DMH) kontroluje dennú sekréciu hormónov cez paraventrikulárne jadro (PVN) a cykly spánok-bdenie cez laterálne jadro (LH) a ventrolaterálne preoptické jadro (VLPO).

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Vzťah k spánku

- spánkové centrum v prednej oblasti a centrum bdenia v zadnej oblasti hypothalamu

Vzťah k imunite

- prostredníctvom zmien v produkcii hormónov (produkcia glukokortikoidov) alebo zmien v tonuse autonómneho nervového systému. Sympatiko-imunitné interakcie ovplyvňujú predovšetkým sekundárne lymfoidné orgány (slezina, lymfatické uzliny) a predpokladá sa, že zvyšujú pripravenosť na reakciu útek/útok.

Regulácia metabolizmu

- cez kontrolu endokrinných žliaz - sekrécia adrenalínu, ACTH a pod.

Autonómny nervový systém – funkcie hypothalamu

Pamäť

- Papezov okruh - prenos krátkodobej pamäte do dlhodobej pamäte

Komplexné chovanie

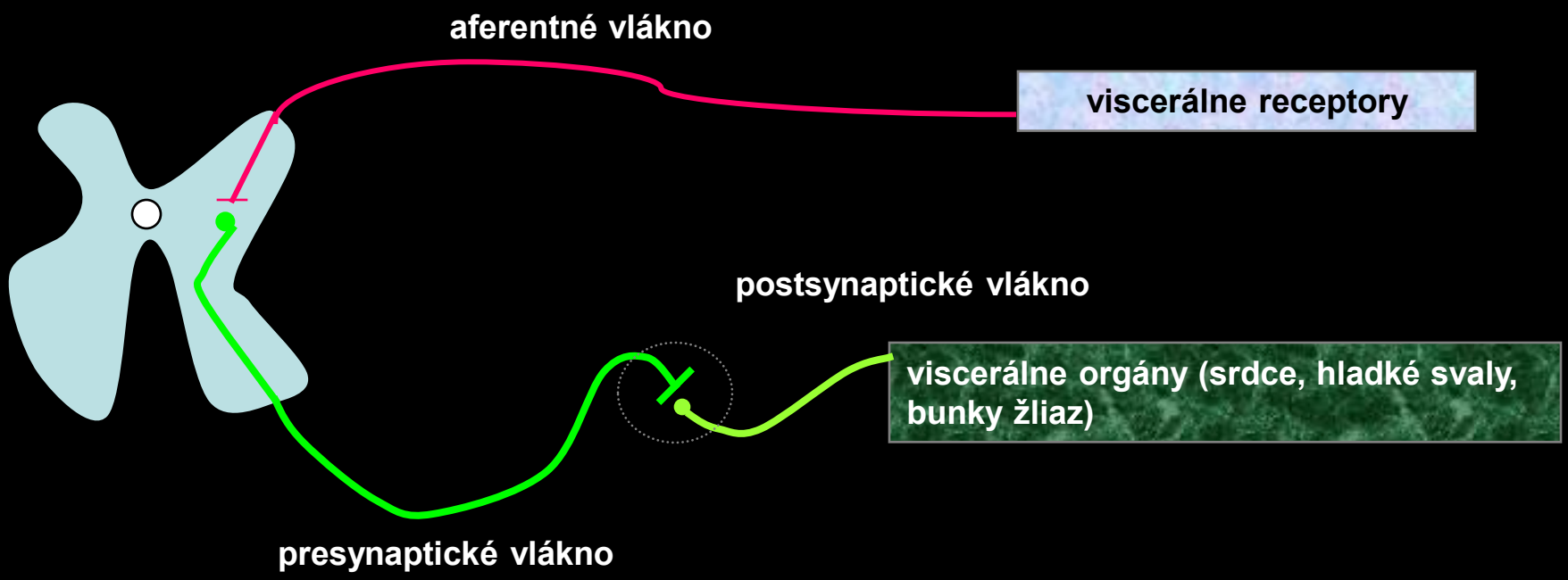
- motivácie, emócie

Vzťah k motorickému systému

- mimovôľové pohyby

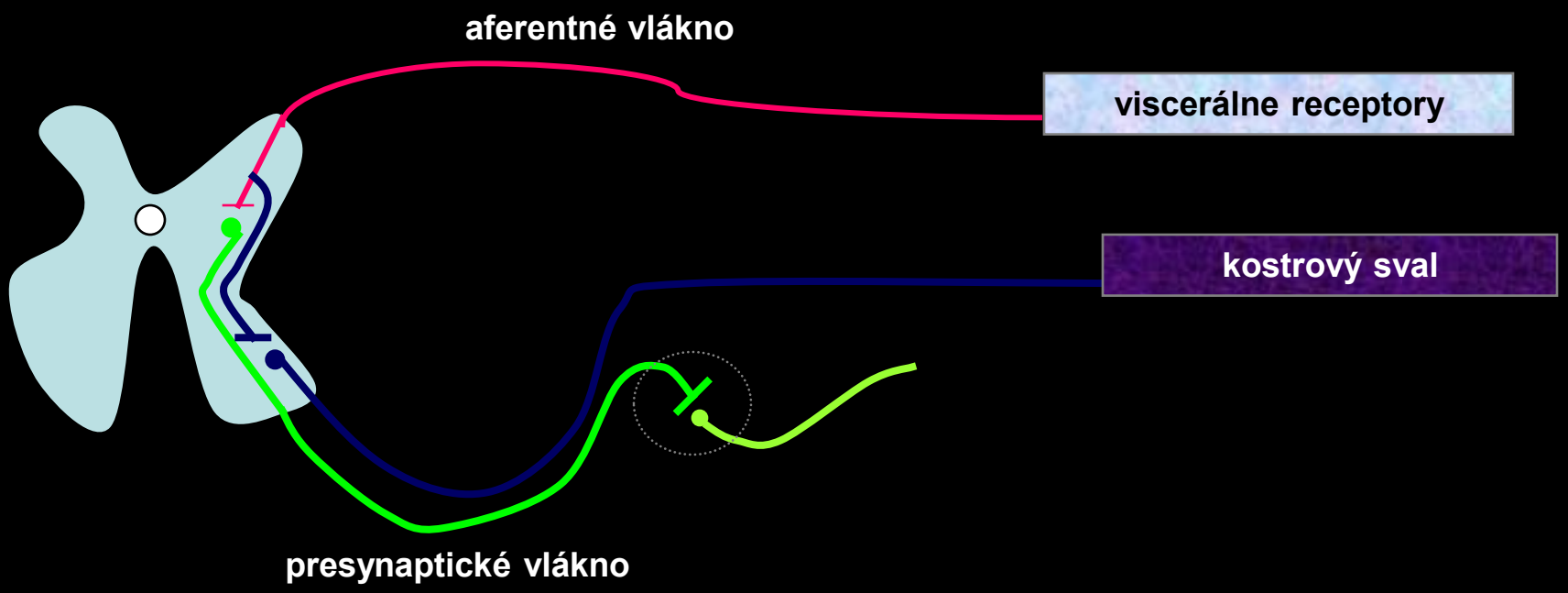
Autonómny nervový systém – autonómne reflexy

Viscero - viscerálne reflexy



Autonómny nervový systém – autonómne reflexy

Viscero - motorické reflexy



Napr. pri zápale slepého čreva sa vyvoláva lokálna kontrakcia abdominálnych svalov.

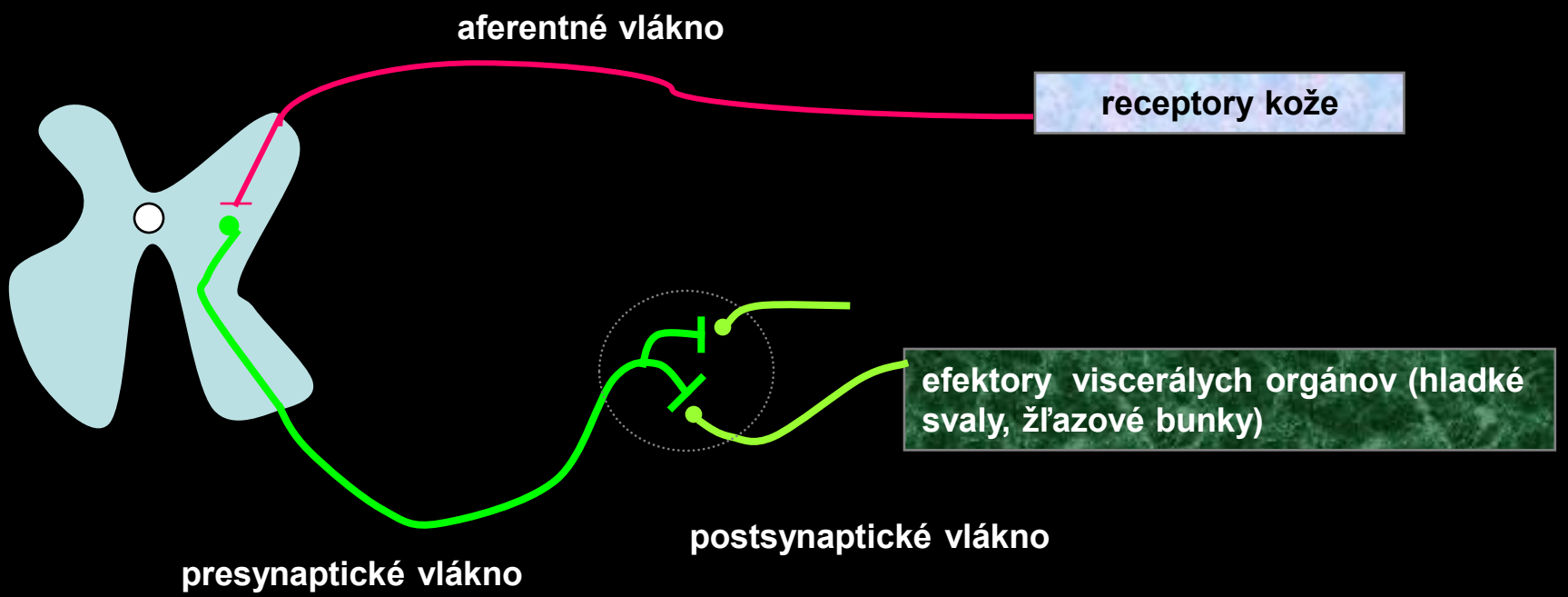
Autonómny nervový systém – autonómne reflexy

Viscero - kutánne reflexy

Pri patologických procesoch v určitých oblastiach interných orgánov, kapilárny návrat, sekrécia potu sú zmenené.

Autonómny nervový systém – autonómne reflexy

Kutánno - viscerálne reflexy

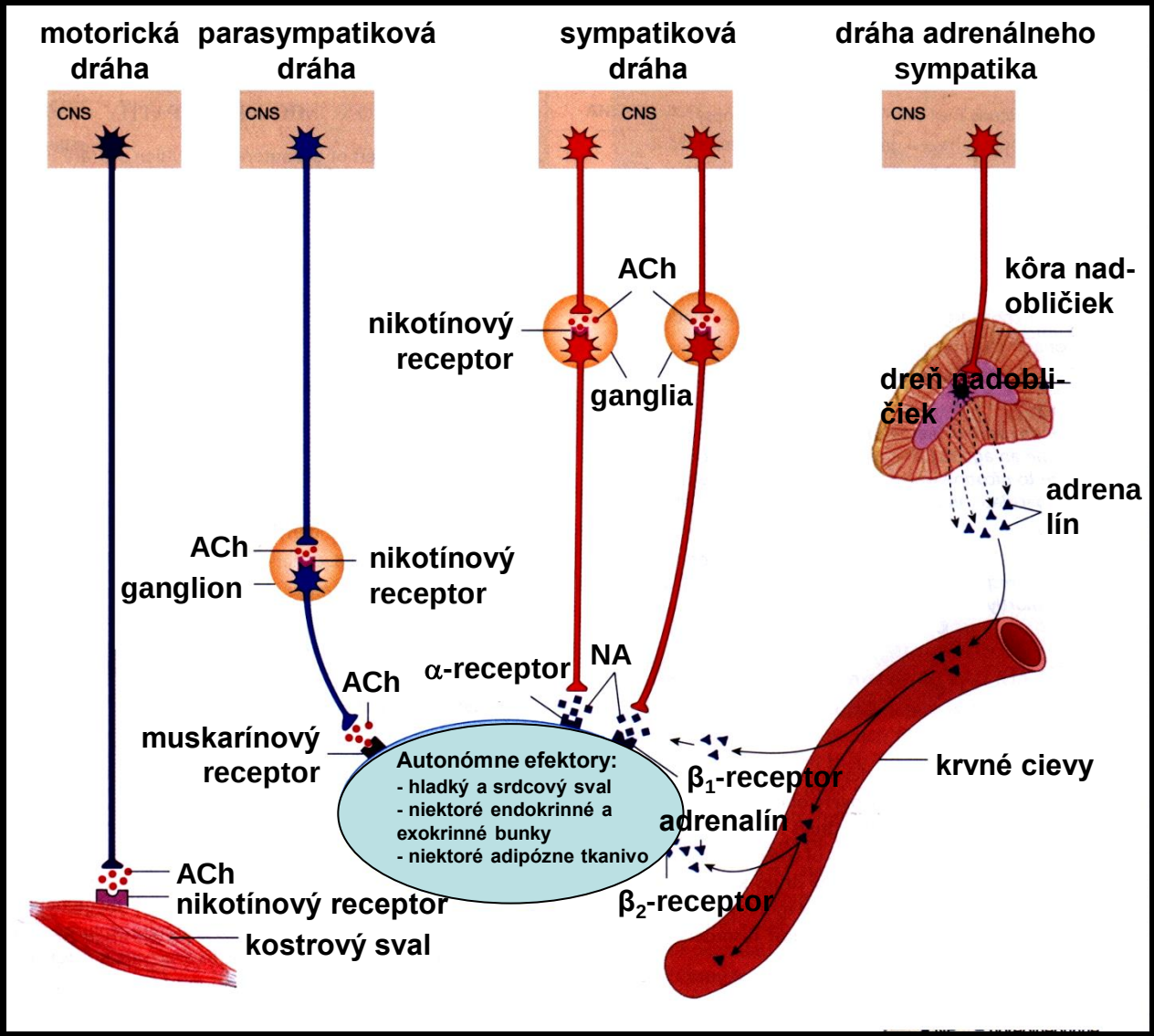


Aplikácia chladného alebo teplého obkladu zmierňuje bolesť v oblasti viscerálneho orgánu.

Porovnanie somatickej a autonómnej inervácie

	Somatická divízia CNS	Autonómna divízia CNS
Počet neurónov v eferentnej dráhe	1	2
Neurotransmiter/receptor na synapsii neurón-cieľová bunka	acetylcholín/nikotínový receptor	acetylcholín/muskarínový receptor alebo noradrenalín/α alebo β-adrenergický receptor
Cieľové tkanivo	kostrové svalstvo	hladké svalstvo a srdcový sval; niektoré endokrinné a exokrinné žľazy; niektoré adipózne tkanivo
Neurotransmiter uvoľňovaní z	axónových terminálov	varikozít a axónovových terminálov
Efekt na cieľové tkanivo	len excitačný – sval sa kontrahuje	excitačný alebo inhibičný
Periférne komponenty zistené mimo CNS	len axóny	preganglionové axóny, ganglia, postganglionové neuróny
Sumarizácia funkcie	postoj a pohyb	viscerálne funkcie, zahrňujúc pohyb vo vnútorných orgánoch a sekrécia; kontrola metabolizmu

Prehľad eferentných dráh periférneho nervového systému



Autonómny nervový systém – porovnanie somatickej a autonómnej inervácie

Autonómne reflexy sa odlišujú od somatickej reflexnej činnosti v nasledujúcich charakteristikách:

1. **Eferentné dráhy sú dvojneurónové, takže reflexy sú polysynaptické**

2. **Senzitívna aferentácia somatických reflexov je vedená neurónmi typu Aa (Ia, Ib), alebo Ab na rozdiel od viscerosenzitívnych vlákien, kde aferentácia je vedená vláknami typu C**

3. **Pregangliové vlákna (B) vedú rýchlejšie impulzy (majú myelinizovanú pošvu) ako postgangliové vlákna (C)**

4. **Autonómni reflex je výrazne pomalší ako somatický reflex**