
2 Homeostáza vnitřního prostředí

Obsah kapitoly:

- 2.1 Úvod do kapitoly
- 2.2 Vnitřního prostředí a jeho součásti
- 2.3 Acido-bazická rovnováha
- 2.4 Oxidační látky, oxidační stres
- 2.5 Teplota
- 2.6 Nervově-endokrinní a látková regulace
- 2.7 Transportní systémy
- 2.8 Význam ledvin

Po přečtení této kapitoly, by si měl znát a umět logicky využít poznatky

- o homeostáze v lidském organismu,
- o významu a obsahu tekutin ve vnitřním prostředí člověka a jejich regulaci,
- o významu regulace přísunu zdrojů energie, metabolismu a odstraňování jeho nadbytečných produktů,
- o významu a mechanismech regulace tělesné teploty,
- o podstatě acidobazické rovnováhy, o jejím významu a regulaci,
- o podstatě, vzniku a důsledcích oxidačního stresu a mechanismech jeho eliminace,
- o principech řízení homeostatických mechanismů nervově–endokrinním systémem,
- o důležitých rolích krevního oběhu, transportního systému pro kyslík a ledvin v udržení homeostázy.

Klíčová slova:

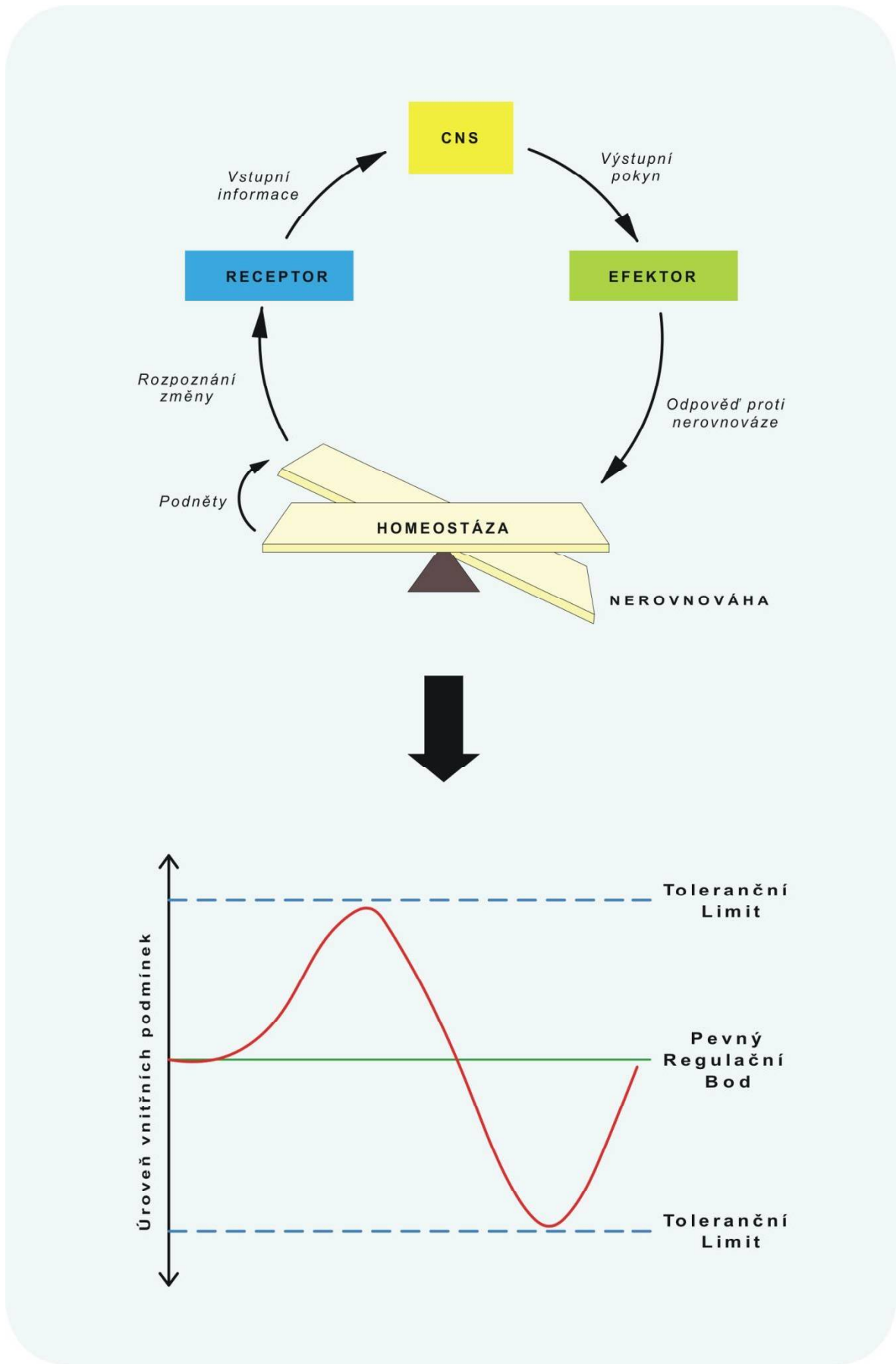
Homeostáza, biorytmy, acidobazická rovnováha, oxidační stres, neuroendokrinní regulace, zpětnovazební regulace.

2.1 Úvod do kapitoly

Homeostáza je **stálost** ve vnitřním prostředí organismu člověka (řecky *homo*s = stejný, *stasis* = stav). Vnitřním prostředím je veškerý vnitrobuněčný a mimobuněčný prostor, který je vyplněn tekutinou obsahující mnoho rozmanitých látek nutných pro činnost buněk (voda, zdroje energie, kyslík, stavební látky, chemické katalyzátory, minerální látky a jiné). **Přežití buněk je možné pouze v prostředí s určitou fyzikální a chemickou stabilitou** (teplota, tlak, chemické složení, prostupnost atd.).

Organismus se snaží udržet v úzkých mezích podmínky pro strukturu a funkce svých buněk a tkání (např. nervová, svalová), orgánů (např. srdce a mozek) a orgánových systémů (např. oběhový systém). Tím se **zajišťuje přežití jedince v neustále se měnícím prostředí, které je zdrojem zátěže - stresu** (pracovní zátěž a odpočinek, horko a chlad, sucho a vlhko, nízký a vysoký atmosférický tlak atd.). Určitou prioritu v hierarchii ochrany lidských orgánů a systémů má centrální nervový systém (mozek) a transportní systém (srdce a krevní oběh).

K udržení stálého prostředí organismus používá princip **negativní zpětné vazby**. Například při zvýšení teploty vnitřního prostředí aktivizuje mechanismy k ochlazení (snížení aktivity energetického metabolismu) a při ochlazení naopak k zahřívání (zvýšení aktivity energetického metabolismu). Tím dochází k neustálému, pokud možno co nejmenšímu, kolísání stavu vnitřního prostředí.



Obr. 2 Negativní zpětná vazba.

Pravidelně kolísajícím (oscilujícím) stavům v živém organismu se říká **biorytmy**. Kromě kolísání stavu vnitřního prostředí (výchylek homeostázy) jsou popisovány také rytmické změny dýchání, srdeční činnosti, aktivity žláz s vnitřní sekrecí a jiné.

Více informací o funkcích vnitřních orgánů, které jsou nositeli mechanismů zajišťujících homeostázu je uvedeno v příslušných kapitolách.

2.2 Vnitřní prostředí a jeho součásti

Vnitřní prostředí lidského organismu jsou všechny látky v **prostoru uvnitř buněk (intracelulární) i mimo buňky (extracelulární)**. Tento prostor je bezprostředním životním prostředím pro buňky.

Součástí extracelulárního prostoru je

- **těsný prostor mezi buňkami (intercelulární),**
- **vnitřní prostor dutin orgánů** nervové soustavy (mozkové komory a míšní kanál), trávicí soustavy (jícen, žaludek, střevo, žlučovody a žlučník), ledvin (pánvičky, močovody a močová roura) a dýchacího a oběhového systému (dýchací cesty a plicní sklípky, srdeční dutiny a cévy) a také prostor mezi orgány trupu (hrudní a břišní dutina), v končetinách (např. kloubní dutiny) a hlavě (např. epidurální prostor).

Součástmi vnitřního prostředí jsou **voda, zdroje energie** (např. glukóza), **stavební látky** (např. bílkovin), **kyslík, minerály** (např. Na^+ , K^+ , Mg^+) a **další látky** (např. enzymy, vitaminy). Jejich stabilní množství je zabezpečováno kontrolou jejich příjmu, zpracování a výdeje. V průběhu času je tak udržována jejich dynamická rovnováha.

Na zajištění stability vnitřního prostředí se podílejí všechny fyziologické soustavy, např. kůže, trávicí dýchací soustava a ledviny. Tyto orgány jsou řízeny nervovou a endokrinní soustavou a podporovány krevním a lymfatickým oběhem a dalšími systémy.

2.3 Acido-bazická rovnováha

V důsledku příjmu potravy a nápojů, metabolismu a výdejem látek ve střevě a ledvinách se mění **poměr kyselých (zdrojů vodíkových kationtů H^+) a zásaditých látek (bazí - zdrojů hydroxylových aniontů OH^-)** ve vnitřním prostředí.

Poznámka: Významným zdrojem H^+ je např. rozpad adenosin-tri-fosfátu (ATP) nebo kyselina mléčná při intenzivní svalové práci. Laktát, sůl kyseliny mléčné, je látka mírně zásaditá.

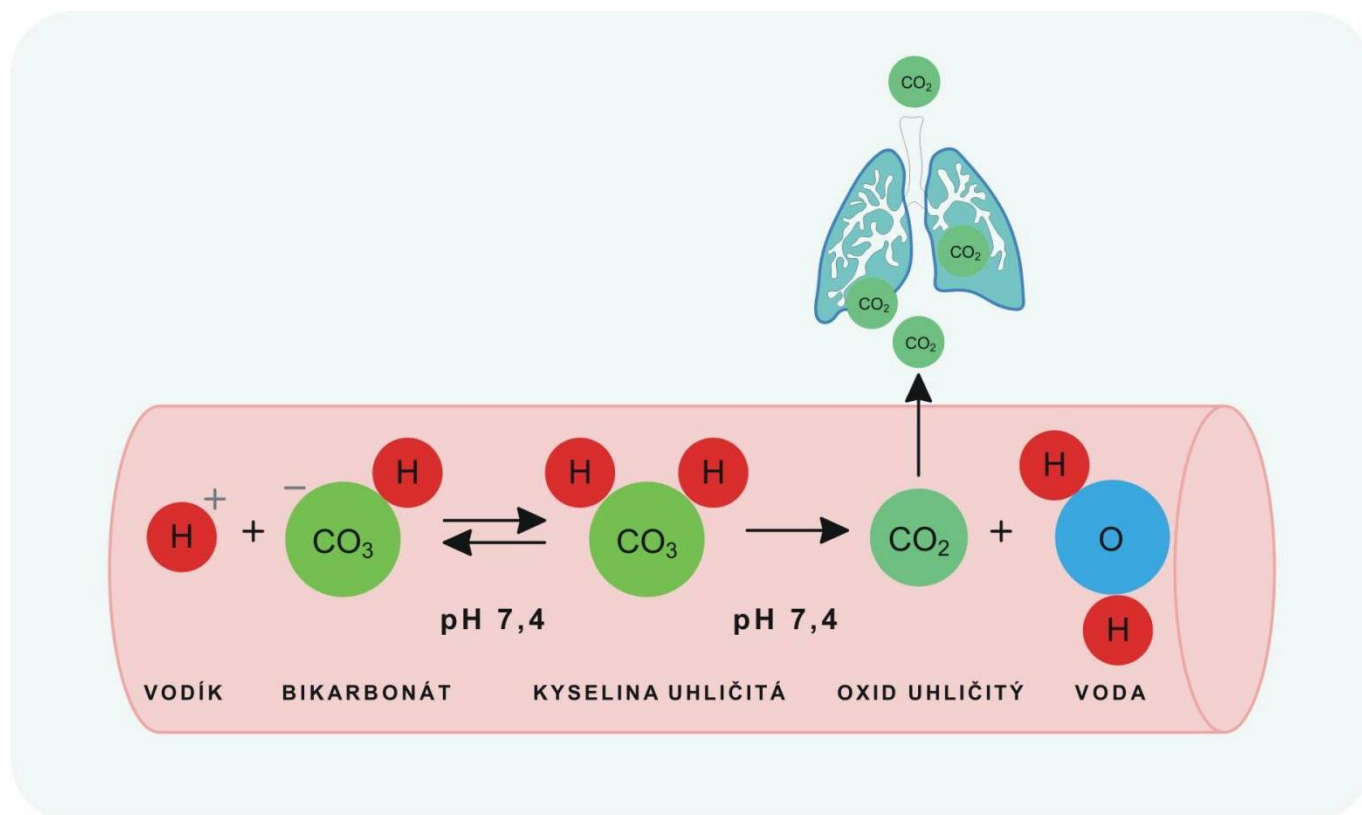
Buňky mohou dobře fungovat v prostředí se stálým množstvím H^+ a jeho poměru k OH^- . V krvi je u zdravého člověka v tělesném klidu slabě zásadité prostředí, kdy je **pH** kolem 7,4 (pH je záporný desítkový logaritmus koncentrace vodíkových kationtů).

Stavu s vyšším množstvím H^+ ($\text{pH} < 7,3$) se říká **acidóza** - kyselé prostředí.

Stavu s nižším množstvím H^+ ($\text{pH} > 7,5$) se říká **alkalóza** - zásadité prostředí.

K udržování stálé acido-bazické rovnováhy má organismus **kompensační (pufrovací) mechanismy**. Velkou pufrovací kapacitu má systém hydrogenkarbonát (bikarbonát) a oxid uhličitý“ (HCO_3^- a CO_2). Jeho

činnost je ovlivňována činností jater a ledvin a dýcháním. Pufrovací schopnosti má také hemoglobin v červených krvinkách.

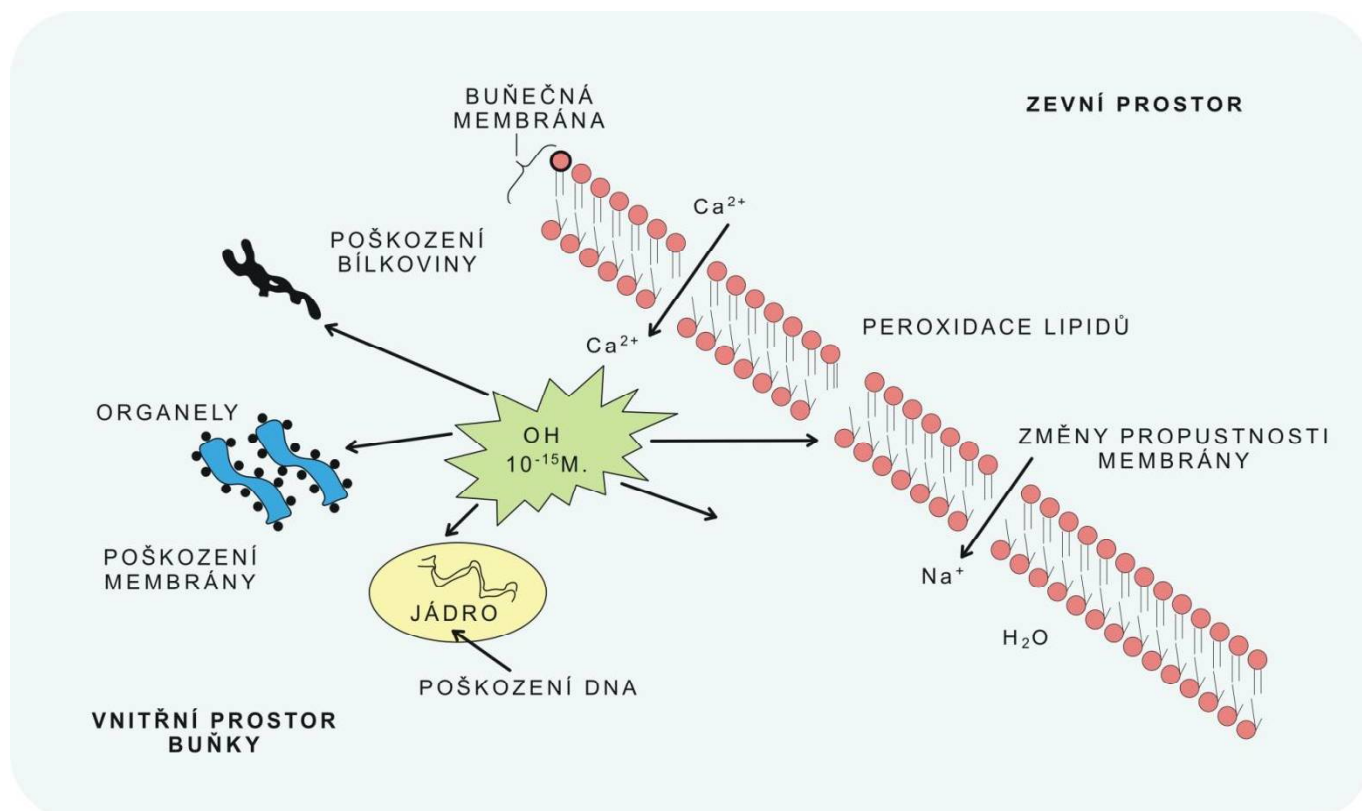


Obr. 3 Bikarbonátový pufrovací systém acido-bazické rovnováhy.

2.4 Oxidační látky, oxidační stres

V mitochondriích buněk, kde neustále probíhají oxido-redukční děje v rámci metabolismu, vznikají **vysoce reaktivní formy kyslíku a dusíku** (RONS – reactive oxygen and nitrogen species) s vysokým oxidačním potenciálem.

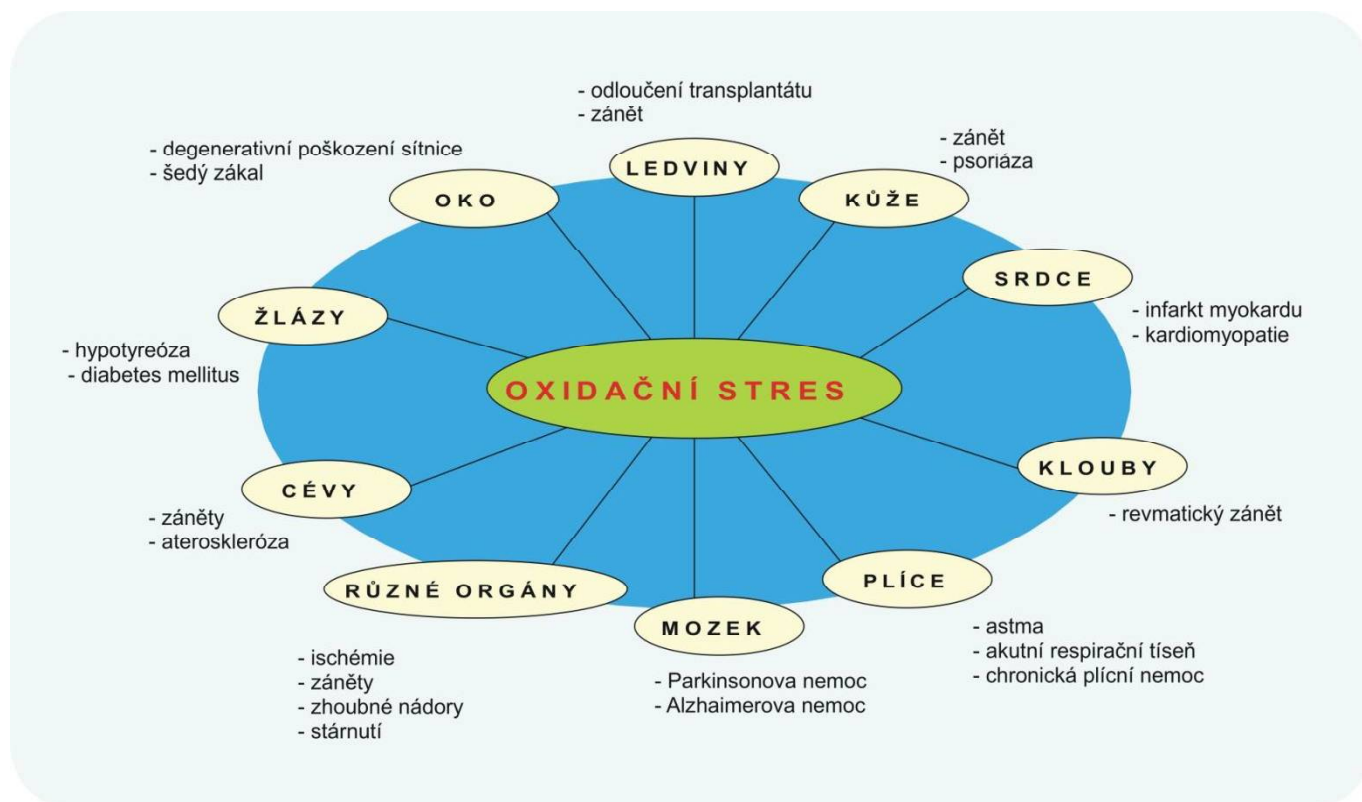
Nahromadění těchto látek je pro organismus **oxidačním stresem**. Větší množství jich vzniká při intenzivní svalové práci nebo vlivem ultrafialového záření a toxických látek (cigaretový kouř, smog). V organismu dovedou ničit mikroorganismy (viry a bakterie), ale také způsobovat defekty membrán buněk (oxidací lipidů a proteinů, z nichž jsou membrány stavěny). Tak poškozují buněčné organely, jádra, DNA, a po vycestování krevním řečištěm i ostatní buňky v těle (erythrocyty, myocyty, žlázy s vnitřní sekrecí atd.).



Obr. 4 Poškození membrán oxidačními látkami.

Organismus likviduje oxidační radikály **antioxidačními systémy** a látkami, např. superoxid-dizmutáza, kataláza, kyselina močová, bilirubin. V potravě nebo výživových doplncích může člověk získat další **antioxidancia** - látky, které RONS likvidují, např. vitaminy E, C, A, koenzym Q10.

Oxidační látky, tím že ničí strukturu buněk, se podílejí na vzniku mnoha onemocnění (obr. 5).



Obr. 5 Oxidační stres a vznik onemocnění.

2.5 Teplota

Příznivá teplota pro život buněk je kolem 37°C. Při příliš vysoké nebo příliš nízké teplotě těla dochází ke koloidně-osmotickým a hydrodynamickým změnám i ke změnám struktur a vlastností organických látek a vody. To vede k poruchám transportu a metabolismu vody a dalších látek.

Termoregulační systém udržuje kolísání teploty v rozmezí $\pm 0,6$ °C. Podchlazení je označováno za hypotermii (teplota tělního jádra přibližně pod 35°C) a přehřátí za hypertermii (přibližně nad 40°C).

Hypertermie

Zdrojem tepla a příčinou zvýšení teploty je teplé vnější prostředí, jídlo a nápoje a intenzivnější metabolismus, především při svalové práci.

Mechanismy, kterými se organizmus zbavuje nadbytečného tepla:

- Přesunem tepla do kůže (větší prokrvení kůže – kožní vazodilatace) a jeho **sálání tepla do chladnějšího vnějšího prostředí**.
- V chladnější vodě se uplatňuje i **vedení tepla** (kondukce).
- Kůže tvoří pot a jeho **odpařováním** (evaporace) se ochlazuje.

Hypotermie

Příčinou ochlazování vnitřního prostředí je chladné vnější prostředí, jídlo a nápoje a nižší metabolická aktivita.

Mechanismy, bránící podchlazení:

- **Zvýšení obrátu energetického metabolismu** ve svalech vědomou činností nebo samovolným třesem.
- Termogenní aktivitu projevuje také **hnědá tuková tkáň**, která je umístěna v oblastech kolem klíčních kostí a podél páteře.

Další prostředky, kterými se člověk brání podchlazení:

- Izolace vhodným oblečením.
- Příjem tepelné energie z teplého prostředí (vzduch, voda), jídla a nápojů.
- Termogenní účinek potravy, který spočívá ve zvýšení metabolismu, především v trávicí soustavě.

Proudění vzduchu nebo vody ve vnějším prostředí zesiluje jejich ochlazovací nebo ohřívací účinek.

Vyšší vlhkost teplého vzduchu zesiluje jeho ohřívací účinek, protože omezuje odpařování potu a tím ochlazování kůže. Naopak vyšší vlhkost studeného vzduchu zesiluje jeho ochlazovací účinek.

Více najdete v kapitole 11. Termoregulace.

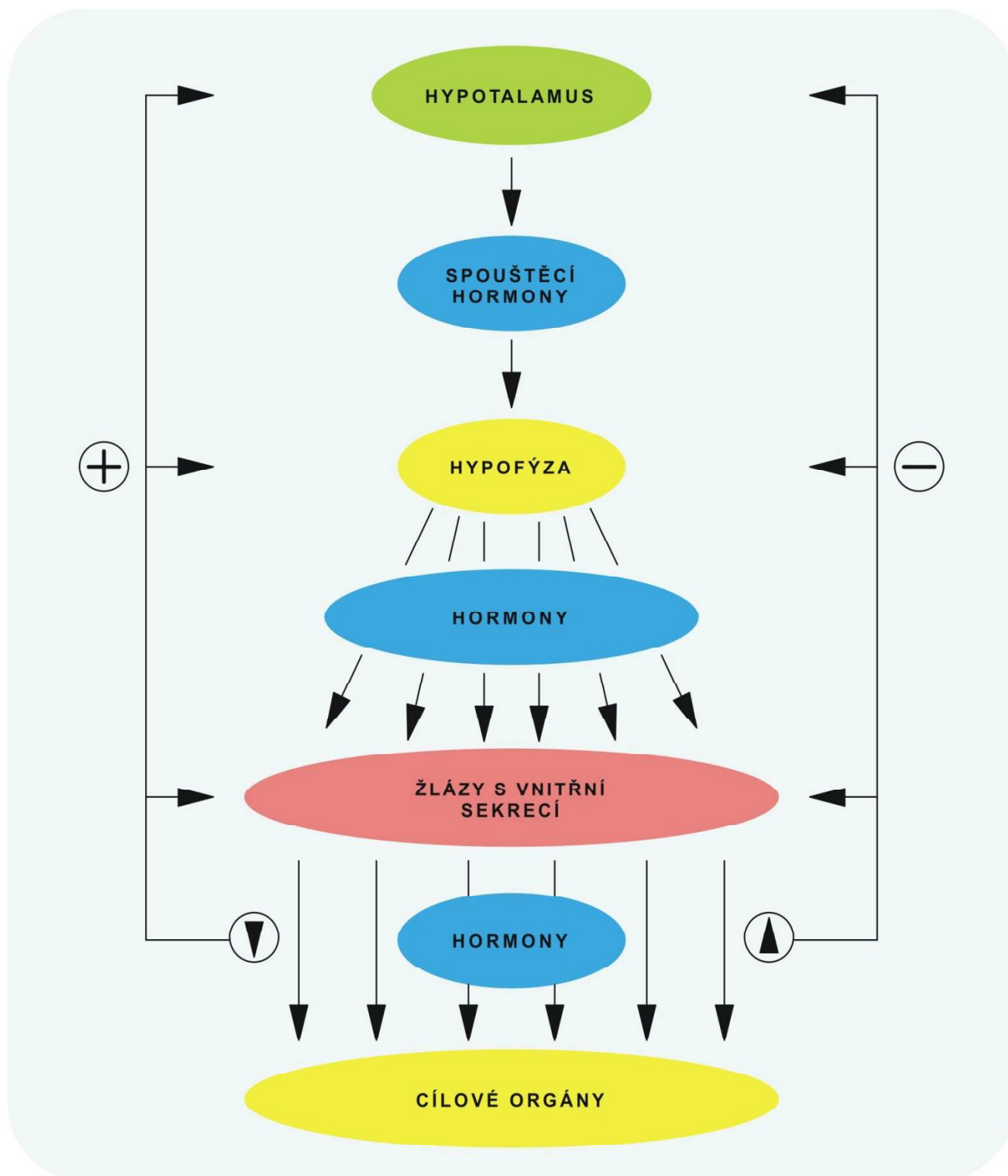
2.6 Nervově-endokrinní a látková regulace

Vnitřní orgány (např. trávicí soustavy, krevního oběhu, dýchání), jež jsou nositeli mechanismů, které se podílejí na udržení homeostázy, podléhají třístupňovému řízení:

- Autonomní nervový systém (sympatikus a parasympatikus), jehož mediátory jsou adrenalin, noradrenalin a acetylcholin.
- Systém žláz s vnitřní sekrecí (např. štítná žláza, slinivka břišní), jejichž mediátory jsou hormony (např. tetrajód-thyronin, inzulín).
- Působením látek (např. K^+ , Na^+) přímo na buňky.

Nejvyšší jednotkou regulačního nervově-endokrinního systému je hypotalamus s hypofýzou, jejíž hormony řídí činnost většiny žláz s vnitřní sekrecí. Tento systém pracuje na principu trojnásobné negativní zpětné vazby: Větší množství určitého hormonu v těle indukuje snížení jeho vlastní produkce příslušnou žlázou i snížení aktivity příslušných nadřazených center v hypofýze a hypotalamu.

Více najdete v kapitolách 3. Nervová soustava a 4. Hormonální systém.



Obr. 6 Nervově-endokrinní regulační systém.

2.7 Transportní systémy

Krevní oběh

Krevní oběh (krevní cévy a srdce) je velmi důležitým transportním systémem: Přináší vstřebané látky z trávicí roury do jater (střeva, játra). Přenáší substráty a produkty metabolismu mezi orgány a tkáněmi, např. zdroje energie z jater ke svalům a laktát ze svalů do jater k dalšímu zpracování. Přenáší vodu, minerály i bílkoviny, hormony a další látky po celém těle, do všech tkání a orgánů, včetně ledvin.

Podmínkou správného fungování krevního oběhu je

- dostatečný objem a tlak tekuté složky krve – plazmy, jejíž hlavní součástí je voda,
- fyzikálně - mechanické vlastnosti proudící krve (hemodynamické a reologické vlastnosti krve), které závisejí především na hustotě a složení krve, ale také na vlastnostech cév,
- dobrá schopnost srdce jako pumpy,
- řízení autonomním nervovým systémem.

Více najdete v kapitolách 8. Krevní oběh a 7. Tělní tekutiny.

Transportní systém pro kyslík

Kyslík je odebírán z nadechovaného vzduchu, přenášen do krve a předáván cílovým tkáním. Takže součástí tohoto transportního systému jsou

- dýchací soustava (dýchací cesty a plíce),
- krevní oběh (cévy a srdce) a
- periferní tkáně (nervová, svalová atd.).

Kyslík je v krvi částečně vázán na hemoglobin v erythrocytech a částečně rozpuštěn v plazmě.

Transportní systém pro oxid uhličitý

Oxid uhličitý je přenášen z periferních tkání krví a dýchacími cestami ven z organismu. V krvi je, ve srovnání s kyslíkem, větší podíl rozpuštěného CO_2 . Oxid uhličitý, který difunduje do erythrocytů, se rychle hydratuje na kyselinu uhličitou (H_2CO_3). Ta je zdrojem hydrogenkarbonátu (HCO_3^-). Oxid uhličitý je tak součástí regulačního systému acido-bazické rovnováhy.

Další informace jsou v kapitole 9. Dýchání.

2.8 Význam ledvin

Ledviny mají pro udržení homeostázy mimořádný význam:

- kontrolují vylučování vody a minerálů z těla - **udržují stálý objem a osmolalitu extracelulární tekutiny** (poměr vody a látek v ní obsažených).
- podílejí se na **udržení acido-bazické rovnováhy** – podle potřeby mění množství vylučování vodíkových protonů H^+ a hydrogenkarbonátových aniontů HCO_3^- .
- podle potřeby vylučují nebo zadržují produkty metabolismu, např. močovinu a kyselinu močovou.
- reagují na výkyvy množství kyslíku v těle a podle potřeby tvoří hormon **erythropoetin**, který stimuluje tvorbu červených krvinek ve dřeni kostí.

Více najdete v kapitole 10. Vylučování.

Důležité

- Stabilní vnitřní prostředí je důležité pro existenci a činnost všech buněk a tkání v těle, všech orgánů a systémů.
- Buňky potřebují stálý přísun energie, kyslíku, přiměřené množství vody a iontů, odsun produktů metabolismu, acido-bazickou rovnováhu, teplotu atd.
- Regulační mechanismy reagují na výchyly v tomto prostředí a kompenzují je tak, že dochází k neustálým oscilacím ukazatelů vnitřního prostředí kolem střední (optimální) hodnoty.
- Na regulaci se podílejí společně všechny soustavy. Snad výjimečné postavení má koordinující nervově-hormonální soustava.